

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO DE BAJO COSTO QUE PERMITA  
EL CONTEO DE INGRESO DE PASAJEROS Y UBICACIÓN DE AUTOMOTORES  
EN LA EMPRESA TRANSPORTES LOLAYA LTDA**

**HUMBERTO ENRIQUE PÉREZ PÉREZ**



**UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN Y ELECTRÓNICA**

**BARRANQUILLA, COLOMBIA**

**2019**

**PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO DE BAJO COSTO QUE PERMITA  
EL CONTEO DE INGRESO DE PASAJEROS Y UBICACIÓN DE AUTOMOTORES  
EN LA EMPRESA TRANSPORTES LOLAYA LTDA.**

**HUMBERTO ENRIQUE PÉREZ PÉREZ**

**PROYECTO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TUTOR**

**MsC. GABRIEL DARIO PIÑERES ESPITIA**

**COTUTOR**

**ING. JIMMY ALFONSO ROCHA ROCHA**

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN Y ELECTRÓNICA**

**BARRANQUILLA, COLOMBIA**

**2019**

### **Dedicatoria**

Este logro se lo dedico a mis padres por el apoyo incondicional en todo mi proceso académico, lo cual me ha impulsado a ser la persona que soy hoy en día.

A mi familia, mis amigos y todas aquellas personas quienes han creído en mí, y me han apoyado incondicionalmente en las diferentes etapas por las que he pasado a lo largo de mi vida académica.

### **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar este proyecto y finalizarlo con éxito, para así, culminar mi primer peldaño como profesional.

A mis tutores quienes me compartieron sus conocimientos y las experiencias necesarias para desarrollar con éxito este proyecto.

Al Ing. Jorge Silva Correa quien fue de gran apoyo durante este proyecto.

A la empresa Transportes Lolaya Ltda., por permitir implementar el prototipo en sus automotores.

A la Universidad de la Costa y en especial al programa de Ingeniería Electrónica por formarme como un profesional integral.

### Resumen

Debido al problema que presentan algunas empresas de transporte público al momento de controlar las ventas obtenidas del ingreso de pasajeros que se realiza en sus automotores, y de los diferentes aspectos que ayudan a mejorar su rentabilidad, se propuso una solución a bajo costo que permitiera solventar las dificultades presentadas hasta el momento.

Específicamente, se realizó una investigación en la empresa Transportes Lolaya Ltda., quienes presentaban varias dificultades en el control de las ventas, por lo cual se propuso un prototipo de un sistema de monitoreo de bajo costo que permita el conteo de pasajeros que hacen uso del transporte público y ubicación de sus automotores. En el proyecto se utiliza la plataforma Arduino en conjunto con elementos electrónicos complementarios con el fin de obtener un producto final de bajo presupuesto, y que a su vez, supliera las necesidades exigidas por la empresa. Se realizó el algoritmo del sistema y los acoples físicos necesarios, verificando su funcionamiento en un automotor de la empresa; posteriormente se realizaron pruebas de funcionamiento para mejorar las falencias evidenciadas y actualmente se encuentran instalados en varios automotores. Se expone en el siguiente informe final el algoritmo utilizado, acople y funcionamiento del sistema, elementos electrónicos, implementación en el automotor, pruebas y resultados.

**Palabras clave:** transporte público, bajo costo, conteo de pasajeros, sistema de monitoreo, ubicación de automotores

### **Abstract**

Due to the problem that some public transport companies present when controlling the sales of passengers that make their cars, and of the different aspects that help improve their profitability, a low-cost solution was proposed that allowed to solve the difficulties presented until the moment. Specifically, an investigation was carried out in Transportes Lolaya Ltda. Company, Who presented several difficulties in the control of sales, for which a prototype of a low-cost monitoring system that allows the counting of passengers and location of motor vehicles was proposed. . In the project, Arduino technology is used with complementary electronic elements in get a low-budget final product, which in turn, meets the needs demanded by the company. The system algorithm and the necessary physical couplings were made, verifying its operation in a car of the company, then the evidenced flaws were improved and are currently installed in several cars. The algorithm used, coupling and operation of the system, electronic elements, automotive implementation, tests and results are presented in the following final report.

**Keywords:** public transport, low cost, passenger count, monitoring system, automotive location

## Contenido

Lista de Tablas y Figuras	9
Introducción	12
1. Descripción del Problema	15
2. Objetivos de la Investigación	17
2.1. Objetivo General	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. Justificación	18
4. Marco Teórico y Estado Del Arte	19
4.1. Conceptos y Definiciones	19
4.1.1. Sistemas de monitoreo	19
4.1.2. GPS	19
4.1.3. Sistemas embebidos	20
4.1.4. Software SyncTrak_v4	20
4.1.5. Arduino	20
4.1.6. Plataforma G'MAS	21
4.2. Revisión del estado actual de la literatura	21
5. Metodología	25
5.1. Escenario de Aplicación y Diseño del Prototipo	25
5.2. Implementación del prototipo de sistema de monitoreo para conteo de ingreso de pasajeros y ubicación de automotores en la empresa Lolaya Ltda.	34

5.3.	Pruebas de funcionamiento del prototipo de sistema de monitoreo para conteo de ingreso de pasajeros y ubicación de automotores en la empresa Lolaya Ltda.	51
5.3.1.	Prueba de comportamiento del sensor	51
5.3.2.	Prueba de comparación entre sistema de conteo anterior con el del prototipo, al momento de evidenciar un bloqueo	53
5.3.3.	Prueba de localización del automotor	59
5.3.4.	Prueba de conteo de pasajeros en los trayectos de operación	61
6.	Resultados y Análisis	62
6.1.	Visualización de los datos suministrados por el prototipo	62
6.2.	Análisis de los Datos Obtenidos por el Prototipo	64
6.2.1.	Análisis de venta mensual de un automotor	64
6.2.2.	Análisis de ventas de una semana dependiendo de la hora de salida	65
6.2.3.	Alertas Emitidas por el Prototipo Planteado	68
7.	Conclusiones	69
7.1.	Trabajos Futuros	70
8.	Referencias	71



## Lista de Tablas y Figuras

### Tablas

Tabla 1 Estructura de trama enviada por el GPS.....	46
Tabla 2 Identificación de los segmentos de la trama.....	47
Tabla 3 Comparación entre sistema anterior y prototipo, al momento de evidenciar bloqueo.....	54
Tabla 4. Porcentaje de error del sistema anterior y el prototipo comparado con la cámara de.....	59
Tabla 5. Puntos virtuales mostrados por el GPS en la plataforma.....	59

### Figuras

Figura 1. diagrama de contexto.....	27
Figura 2. Diagrama de bloques del sistema.....	28
Figura 3. Perfil de los sensores, (a) Acrílico polarizado para evitar manipulación física, (b) Ubicación de los sensores por cada puerta del automotor.....	29
Figura 4. (a) Gráfico salida de voltaje vs distancia del objeto.. ..	30
Figura 5. Reductor DC-DC LM2596. (Unibot, s.f.) .....	31
Figura 6. GPS Suntech ST300R. (Suntech International, 2015) .....	32
Figura 7. Módulo RS232 a TTL. (Naylamp Mechatronic, 2015).....	33
Figura 8. Arduino UNO. (Prometec, 2019).....	33
Figura 9. Diagrama de flujo del sistema.....	36
Figura 10. Algoritmo utilizado para la programación del Arduino. ....	43
Figura 11. Algoritmo para prueba de los sensores. (Fuente propia) .....	45
Figura 12. (a) Interfaz de synctrak_v4. (b) Configuración de los parámetros de servicio del GPS. ....	46

Figura 13. Conexión Arduino con GPS. ....	48
Figura 14. Esquema de conexión del prototipo. ....	49
Figura 15. Prototipo culminado sin conexión del GPS ni los sensores que están ubicados en los perfiles de la Figura 3. ....	49
Figura 16. Instalación culminada de perfiles, (a) Puerta delantera, (b) Puerta trasera. ....	50
Figura 17. (a) Gráfica de comportamiento del sensor sin obstáculo. (b) Gráfica de comportamiento del sensor con obstáculo.....	52
Figura 18 Imagen tomada de la cámara de seguridad de un automotor.....	61
Figura 19. Información mostrada en la plataforma.....	63
Figura 20. Gráfica de venta del mes de Junio de un automotor. ....	64
Figura 21. Gráficas de las ventas del día sábado 1 de junio de un automotor.....	66
Figura 22. Gráficas de las ventas del día domingo 2 de junio de un automotor.....	66
Figura 23. Gráficas de las ventas del día martes 4 de junio de un automotor. ....	66
Figura 24. Gráficas de las ventas del día miércoles 5 de junio de un automotor. ....	67
Figura 25. Gráficas de las ventas del día jueves 6 junio de un automotor. ....	67
Figura 26. Gráficas de las ventas del día viernes 7 de junio de un automotor. ....	67
Figura 27. Ejemplo de alertas emitidas por el prototipo planteado. ....	68

## Glosario

**Automotor:** Vehículos de tracción mecánica (buses, busetas).

**Pasajero:** Son las personas que ingresan a los automotores con el fin de trasladarse de un lugar a otro.

**Transporte público:** Hace referencia a los automotores permitidos para movilización de personas.

**Ruta:** Es la trayectoria específica que se le asigna a cada automotor.

**Viaje o trayecto:** Se le denomina así, a la culminación de cada ruta.

**Sensor:** Es el dispositivo encargado de adquirir los datos de una variable específica.

**Despacho:** Es el lugar en donde se selecciona la hora de salida de cada automotor.

### **Introducción**

El transporte público urbano es un servicio de transporte de pasajeros que se brinda al público en general en las ciudades. Muchas veces es denominado una industria debido a que muestra muchas actividades de operación y también es considerado como un sector de servicios públicos (Li & M., 2017) Es de los tipos de transporte más utilizado activamente por los residentes de las ciudades y para un número significativo de turistas, ya que ofrece una ventaja económica debido a su bajo costo en relación con los demás tipos de transporte (Bozyigit, Nasiboglu, & Utku, 2018)

Por tal motivo, el transporte público urbano es de vital importancia para el desarrollo de las ciudades en diversos aspectos, de los cuales el más importante es el económico, ya que posibilita la productividad de las empresas al permitir el desplazamiento de la mano de obra desde sus lugares de residencia hacia sus lugares de trabajo (Roa, 2009) influyendo directamente en el desarrollo, la eficiencia y la calidad de vida de la ciudad (Zhang, Jia, & Wang, 2018).

Sin embargo, debido al crecimiento de las ciudades y por ende, el aumento de trayectos, las empresas han visto la necesidad de verificar y controlar el conteo de sus pasajeros. A este respecto, existen muchos enfoques y métodos para el seguimiento del flujo de pasajeros, pero todos estos enfoques tienen sus propias desventajas. A pesar de ello es de vital importancia y debe realizarse en cada ciudad, para la sostenibilidad del sistema de transporte público (Patlins & Kunicina, 2015)

Por tal motivo, en las empresas ha nacido la necesidad de obtener estadísticas de flujo de pasajeros para analizar y evaluar la condición de operación de tránsito del automotor de una línea, tomar decisiones para el despacho inteligente, evaluar la calidad de operación del automotor y optimizar la red de estos (Xiang & A. Ming, 2014)

En la ciudad los sistemas de conteo de pasajeros fueron implementados principalmente por la necesidad de poseer un mayor control de las ventas por trayecto de cada automotor, y tener mayor confiabilidad a la hora de liquidar el total de venta producida. Actualmente con el desarrollo de las tecnologías de análisis estadístico y la informática, la recolección del flujo de pasajeros ha comenzado a entrar en la fase de automatización (Song, Dong, Yang, Gu, & Fan, 2008) y por lo tanto, en la gran mayoría de las empresas de transporte público de la ciudad han iniciado a monitorear en tiempo real los parámetros de conteo de personas y la ubicación del automotor, lo cual ayuda a mejorar la administración de los trayectos, llevar un mejor control e incrementar las ganancias.

Los métodos actuales de recolección del flujo de pasajeros se basan principalmente en video y sensores (Song, Dong, Yang, Gu, & Fan, 2008) en cuanto a los sensores se utiliza tecnología de detección de infrarrojos activo, ya que es una dirección principalmente de investigación en el conteo de personas. Y en comparación con otras tecnologías, tiene ventajas en cuanto a la utilización de menos datos, fuerte capacidad anti interferente, operación estable y bajo costo. Por lo tanto, es una tecnología ideal para usar en el conteo de personas. Pero el recuento se basa en los tiempos de oclusión, por lo que la tasa de error es alta en la situación de la oclusión superpuesta (Zhu, Yang, Gu, & Yang, 2009)

Algunas de las marcas actuales que brindan monitoreo y control de pasajeros en el transporte público urbano con sensores son: Regisbus, Optocontrol, y Extreme Track, la primera es de la empresa Registel, que es un sistema electrónico que permite el control, almacenamiento y obtención de información de las ventas diarias que realice el automotor. Este posee tecnología RF, GPS, GPRS y software operativo, con facilidad de acoplamiento y tecnología modular (Registel, 2005); el segundo cuenta con varios modelos de barras contadoras que registran subidas, bajadas y bloqueos, GPS, GPRS y algunas características dependiendo de la versión de las barras (Optocontrol, 2010); el tercero es fabricado por la

empresa Extreme Technologies S.A., este permite la ubicación actual e histórica de los automotores, gestión de alarmas, integración con otras plataformas, módulo de reportes, conteo de los pasajeros, botón de pánico, entre otras (Extreme Technologies S.A., 2011)

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un prototipo de un sistema de monitoreo de bajo costo que permita el conteo de pasajeros y ubicación de automotores, corrigiendo los errores de los sistemas actuales y que satisfaga las necesidades exigidas. El proyecto se desarrolló en dos etapas, en la primera, se investigó acerca de los elementos electrónicos que pudieran servir para el sistema de monitoreo, se hizo el acople de los elementos escogidos, se desarrolló los códigos, y se realizaron las pruebas de funcionamiento. En la segunda etapa, se implementó el prototipo en un automotor de la empresa Transportes Lolaya Ltda, se realizaron pruebas, y se aplicaron las mejoras necesarias.

Este documento está organizado en su primer capítulo por la descripción del problema, la justificación y objetivos planteados. Después, se presenta una revisión conceptual y de estado actual de la literatura acerca de la temática de sistemas de monitoreo de automotores y otras aplicaciones de la misma tecnología para usos similares. Posteriormente, se describe el desarrollo metodológico para llevar a cabo este proyecto. Se detallan los principales resultados de las pruebas de envío de datos, margen de error en el conteo de pasajeros, y comparación con el sistema de monitoreo implementado con anterioridad. Por último, las conclusiones y mejoras futuras que arroja el desarrollo de este proyecto.

## 1. Descripción del Problema

El crecimiento demográfico en las ciudades, la necesidad de movilizarse de un lugar a otro, la alta dependencia que tienen las personas situadas en los municipios dependientes del mercado laboral de las ciudades (Alfonso, 2010), han aumentado la demanda de transportes públicos y a su vez la creación de normas y políticas de planeamiento urbano para tener un mayor control que garantice una prestación de servicio de mayor calidad.

Producto de este aumento del transporte público, las empresas prestadoras de este servicio se han enfocado en problemas tales como el control de la posición-tiempo de sus automotores y el conteo de pasajeros que se produce en una determinada ruta de viaje.

Según (AMB, 2018) el Área Metropolitana de Barranquilla, actualmente en Barranquilla existen veinticinco (25) empresas de transporte público, las cuales utilizaban en sus inicios el cobro de ingreso de pasajeros a través de tarifas; luego se implementó el sistema tradicional de los torniquetes. En el caso del cobro de ingreso de pasajeros al automotor por medio de tarifas, el propietario le estipula al conductor realizar la entrega de un valor específico diario o por trayecto; el sobrante de dinero recaudado son las ganancias para el conductor. Esta situación fomenta el exceso de velocidad, accidentes de tránsito y desorden en las rutas. Esto produjo que se implementara el uso de torniquetes con el fin de llevar un control más exacto de las ventas diarias y quitar las tarifas. Sin embargo, con el tiempo se evidenciaron varios problemas que afectan a las empresas automotoras, los propietarios de buses y los pasajeros. Este sistema presenta algunas fallas, en donde, desde el punto de vista de la empresa y el propietario, les genera pérdidas económicas debido a la poca honradez de sus conductores que permiten el ingreso de pasajeros por la puerta trasera (sin torniquete) o sugieren a estos, saltarse el torniquete. Así mismo, desde el punto de vista del cliente, se tienen fallas, tales como las quejas porque el torniquete es un obstáculo en el caso de

presentarse alguna emergencia en el automotor; además es muy incómodo para aquellas personas que presentan condiciones especiales y que poseen limitaciones físicas. Este inconveniente que presenta el pasajero fue respaldado por el “numeral 1 del artículo 6 de la Resolución 479 de 2010” del Ministerio de Transporte, la cual plantea que los vehículos usen sistemas de registro que no obstaculicen ni limiten a los ciudadanos. (Ministerio de Transporte, 2010)

Por otro lado, el control de posición-tiempo de sus automotores es muy deficiente ya que utilizan personal humano como puntos de controles en diferentes etapas de la ruta en un trayecto; este sistema se ve afectado por la honradez de los encargados, generando incumplimiento del tiempo determinado entre automotores, produciendo que el pasajero demore mucho tiempo esperando la llegada del vehículo de transporte y a su vez generando accidentes de tránsito por altas velocidades de los buses de la empresa, que compiten por adelantarse entre ellos y así recoger más pasajeros.

Es por esto que gracias a los avances tecnológicos, se comenzó a implementar el sistema conocido como “el sensor”, asociado a un GPS con una plataforma que permite satisfacer las dos variables más importantes del negocio del transporte público, la posición-tiempo de sus automotores y el conteo de pasajeros que utilizan el servicio. En 2006, la empresa Cooperativa de Transportes de Barranquilla COOTRAB, fue la pionera en implementar este sistema de conteo manteniendo su uso hasta la actualidad. Muchas empresas del gremio de transporte público utilizan hoy en día “el sensor”, pero les aqueja los elevados precios del mercado y los diferentes errores de funcionamiento que tienen la mayoría de estos dispositivos similares. Este problema particular se encuentra presente en la empresa Transportes Lolaya Ltda. que tienen en sus automotores un sistema de conteo de pasajeros que posee los siguientes inconvenientes: elevación exagerada del número de pasajeros al momento de bloquear los sensores; conteo de objetos como bolsas y maletines; y



el diseño físico de las estructuras, el cual ha ocasionado que se reinstalen los anteriores torniquetes tradicionales o dado el caso, acostumbrarse a los errores de conteo que se producen a diario por el sistema actual, generando pérdidas económicas, de control y de tiempo.

De acuerdo a esta problemática se produce el siguiente cuestionamiento:

¿Cómo desde la ingeniería electrónica se puede mejorar la eficiencia del conteo de pasajeros y ubicación geográfica de automotores en empresas del servicio público, reduciendo los costos actuales para implementar este desarrollo?

Es un reto para los profesionales de la ingeniería electrónica, desarrollar sistemas que afecten de manera positiva a la sociedad, más en temas sensibles como lo son el transporte público.

## **2. Objetivos de la Investigación**

### **2.1. Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de un sistema de monitoreo de bajo costo que permita el conteo de pasajeros y ubicación de automotores en la empresa Transportes Lolaya Ltda.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Definir las características de los bloques funcionales del prototipo del sistema de monitoreo para conteo de pasajeros en la empresa Transportes Lolaya Ltda y las interfaces de comunicación entre estos.
- Realizar la implementación del hardware y desarrollo de códigos sobre los bloques funcionales del prototipo del sistema de monitoreo para conteo de pasajeros en la empresa Transportes Lolaya Ltda.

- Realizar pruebas pilotos para validar el funcionamiento del prototipo del sistema de monitoreo para conteo de pasajeros en la empresa Transportes Lolaya Ltda y realizar recomendaciones para su implementación.

### **3. Justificación**

La necesidad de saber el número de pasajeros que se transportan en una determinada ruta de servicio público ha sido siempre una variable muy importante para todo el gremio del transporte público, tanto en Colombia como en otros países, ya que son los pasajeros la principal entrada de ingresos económicos. Por ejemplo, el sector transportista en Costa Rica tenía la necesidad de tener una herramienta que le permitiera obtener datos reales de manera automatizada, por lo cual la empresa Optocontrol adquirió el compromiso de desarrollar, diseñar y fabricar equipos de conteo de pasajeros, los cuales funcionan con leds infrarrojos (emisor) y fotodiodos (receptor) ubicados estratégicamente, un GPS, un reloj interno, y un procesador; la información es descargada inalámbricamente en una base de descarga y almacenada en una base de datos (José, 2008). En Chile, el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones necesitaba obtener el dato en tiempo real del número de personas que suben y bajan de un transporte público, para esto se realizó un sistema prototipo basado en sensores de proximidad junto a una Raspberry PI que era la encargada de procesar los datos, el envío de información era a través de protocolo TCP y el almacenamiento de la información quedaba en una base de datos NoSQL, al final no se obtuvieron los resultados esperados por problemas de errores en las mediciones (Valencia, 2018).

Actualmente en Barranquilla y su área metropolitana hay implementados diversos sistemas de conteo de pasajeros, sin embargo, existen muchas inconformidades de las empresas transportadoras, propietarios de buses y conductores, como es el caso de la empresa Transportes Lolaya Ltda. A partir de esa problemática, surge la necesidad de

proponer una solución para mitigar los inconvenientes presentados con el sistema de conteo de pasajeros actuales. Es por esto que se plantea el diseño de un prototipo de bajo costo que aparte de contar personas que ingresan al vehículo, corrija todos los problemas que actualmente se presentan. Además, que envíe información en tiempo real del ingreso y salida de los pasajeros, generando mayor confiabilidad y control a las empresas y propietarios, lo que significa mayor ganancia para estos.

#### **4. Marco Teórico y Estado Del Arte**

##### **4.1. Conceptos y Definiciones**

###### **4.1.1. Sistemas de monitoreo**

Es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar determinados datos con el fin de optimizar una tarea específica. Es fundamental en las industrias ya que permiten alcanzar objetivos optimizando los recursos disponibles, y supervisar a distancia en tiempo real los diversos eventos que puedan suceder (Suhissa, 2017).

###### **4.1.2. GPS**

Es un sistema de posicionamiento global, que por medio de satélites permite determinar la ubicación geográfica en cualquier momento. Está conformado por un conjunto de 24 satélites que circundan la Tierra y emiten señales de radio a su superficie (Lawrence, 2001).

Los receptores GPS toman la señal de los satélites y utilizan la triangulación para calcular la ubicación exacta del usuario. Básicamente, el receptor GPS compara el tiempo que existe entre la señal transmitida y la señal recibida, ese tiempo de diferencia indica la distancia del satélite. Luego, con las mediciones de distancia de algunos satélites más, el receptor puede obtener la posición del usuario y mostrarlo en el mapa electrónico de la unidad.

Un GPS localizador por lo menos debe estar conectado a tres satélites para poder calcular una posición 2D (latitud y longitud) y la dirección del movimiento. Para determinar una posición 3D (latitud, longitud y altitud) debe estar conectado a cuatro o más satélites. Además, el GPS luego de calcular la posición del usuario puede brindar información acerca de la velocidad, rumbo, pista, distancia de viaje, y distancia al destino, entre otros (Carvalza Servicios Informáticos, 2017).

#### **4.1.3. Sistemas embebidos**

Son sistemas de computación que están diseñados para realizar tareas determinadas por lo que tienen un hardware limitado, generalmente con consumo energético bajo, alta flexibilidad en su diseño, y en su mayoría asociados a comportamientos de tiempo real (Oliveras Rojas & Reyes Archundia, 2018).

#### **4.1.4. Software SyncTrak\_v4**

Es el software suministrado por la empresa Suntech International para la configuración de los dispositivos de localización de su propiedad. Permite configurar parámetros como: red, reporte, movimiento, creación de geocercas, cadena de comandos, modificar contraseña, realizar diagnósticos, entre otros (Suntech, 2014).

#### **4.1.5. Arduino**

Es una plataforma de desarrollo de código abierto, basada en un hardware y software libre, por lo cual es muy utilizado para el desarrollo de proyectos electrónicos. Su objetivo es atraer y favorecer el uso de la electrónica y la programación de los sistemas embebidos en la realización de proyectos multidisciplinarios (Arduino Home, 2019). Su implementación es económica, cuenta con una alta compatibilidad, con licencias abiertas y multiplataforma (Piñeres, Cama, Estevez, Cama, & De La Rosa, 2017).

#### **4.1.6. Plataforma G'MAS**

Es una plataforma diseñada por la empresa LM Soluciones S.A.S., la cual es una empresa líder en innovación tecnológica que desarrolla hace más de 15 años soluciones tecnológicas en el sector del transporte. La plataforma G'MAS es la interfaz de usuario diseñada para la empresa Transportes Lolaya Ltda. Esta plataforma brinda una información diferente dependiendo del usuario que haya accedido, es decir, tienes acceso a la información que le corresponde al usuario dependiendo de su lugar en la empresa. Además ciertos usuarios pueden realizar modificaciones, como por ejemplo, en el despacho de los automotores (LM Soluciones S.A.S., 2016).

#### **4.2. Revisión del estado actual de la literatura**

Existen trabajos relacionados que buscan solventar una problemática similar en el tema de conteo de ingreso de pasajeros en el transporte público, y otros que utilizan tecnología similar a la que se propone en este proyecto, pero tienen otro objetivo final.

A continuación se evidencian algunos trabajos que son de gran importancia para adquirir conocimientos en el desarrollo del presente proyecto.

En el trabajo titulado **“Algoritmo de conteo de pasajeros por medio de sensores infrarrojos para el transporte público metropolitano”**, el cual se basa en la instalación de una red de sensores de la referencia “sharp 2y0a02” que contabilizan la cantidad de pasajeros que son transportados. Los datos son enviados mediante un “Gateway” a un servidor central, almacenándolos en una base de datos NoSQL. Tiene como fin determinar la cantidad de pasajeros en los buses de una empresa determinada y proveer información mediante un “dashboard” para que el cliente logre planificar los recorridos basado en la información en tiempo real y futura (Valencia, 2018).

En otro trabajo denominado **“Diseño de un sistema automático para el control y acceso de personas a un autobús intermunicipal de transporte en Colombia”**, este proyecto busca lograr un mejoramiento de los sistemas usados en ese momento para el conteo de pasajeros a través de un sistema automático que suministre información del número de usuarios transportados a diario, el monitoreo de la tendencia al uso de autobuses, y que permita un análisis económico más eficiente sin la intervención humana. Para lo anterior se utilizaron sensores infrarrojos Sharp IS471F, un microcontrolador que recibe la señal de los infrarrojos, el cual analiza e incrementa el contador de personas, mostrando la información en la interfaz de usuario compuesta por una pantalla LCD y un teclado. Además, por medio de un interfaz de comunicación a otros dispositivos es posible descargar los datos adquiridos en el microcontrolador (Universidad San Buenaventura, 2003).

En el proyecto **“Sistema de estacionamiento de automóviles en tiempo real: una nueva taxonomía para la computación vehicular integrada”**, se desarrollan soluciones para problemáticas tales como la congestión de tráfico en estacionamientos, la gestión de estacionamiento inadecuado, inseguridad de vehículos (aplicaciones de seguridad) y brindar envíos de información y servicios a los clientes. El prototipo planteado está compuesto por la fuente de alimentación, un Arduino IoT Duo, un sensor de distancia ultrasónico GH-311RT y un sensor infrarrojo pasivo para detección de vehículos SHARP 2Y0A21; Módulo de cámara LinkSprite 2MP UART JPEG, módulo de tarjeta SD, lector de tarjetas RFID, servomotores de engranajes metálicos RDS3115, escáner de huellas dactilares FPM384, módulo GSM y un portal web VCC (Anderson, Okafor, & Dike, 2017).

El proyecto **“Construcción y control de un robot móvil”**, tiene como objetivo que un robot móvil pueda llegar a un punto final estipulado por el usuario, sin importar que haya obstáculos físicos en medio. Los materiales que se utilizaron fueron: Chasis del robot “ROVER 5”, 6 pilas recargables AA de 1.2 Voltios, placa Arduino YUN, placa Arduino

MEGA, sensor ultrasonido HC-SR04, puente H: MD1.3 2A Dual Motorl Controller SKU DRI0002, sensor infrarrojo SHARP 2Y0A21 F 08, Micro Servo Digital DS65HB, soporte “Pan and Tilt”, batería externa mini USB, módulo Bluetooth HC-05 FC-114, placa de prueba y cables. En el proyecto se realizaron pruebas de funcionamiento del sensor de ultrasonido y del sensor infrarrojo, analizando su comportamiento al momento de detectar obstáculos por su tamaño y distancia, además, se realizó una prueba comparativa entre estos, dando como resultado un mayor error absoluto en el sensor infrarrojo que en el sensor de ultrasonido, sin embargo, la medida arrojada del sensor infrarrojo se mantiene más constante por lo que el error se puede intentar compensar. Luego de concluir con el montaje de los elementos, y realizar la parte de software, el autor logró alcanzar el objetivo planteado (Baena, 2016).

En el trabajo “**Sistemas de sensores inteligentes para detección de automóviles**”, el cual es un proyecto que plantea un prototipo con fin comercial para las personas con discapacidad visual, a partir de tecnología de bajo costo. Su objetivo es desarrollar un sistema de reconocimiento inteligente que envíe alertas por medio de comunicación Bluetooth 4.0 al Smartphone del usuario, indicando la presencia de vehículos en las zonas de cruce de peatones sin señalización con semáforos, además de una serie de condiciones inherentes del entorno en el momento del cruce que permitan al usuario realizar el cruce con total seguridad.

Para lo anterior utilizaron como dispositivo móvil el iPhone 5 o 4S con iOS7, el microcontrolador escogido fue el Arduino UNO, ya que en comparación con otros microcontroladores de bajo costo del mercado, este satisface todos los requerimientos del proyecto, tanto desde el punto de vista técnico como el económico; el módulo BLE mini de RedBearLab; para detectar la aproximación de vehículos: los sensores infrarrojos Sharp GP2Y0A21YK, por el precio, la facilidad de implementación, y la eficacia funcional; por último, el sensor DHT11 para medir la humedad y la temperatura (Gómez, 2014).

En el trabajo de grado “**Diseño de un sistema de acceso inalámbrico a internet para los usuarios de la ruta más usada de Transmilenio en Bogotá dentro de portales, estaciones y buses**” (Martínez & González, 2013) buscan cerrar la brecha digital que existe en la ciudad de Bogotá por medio de la inclusión de las TIC en el sistema de transportes Transmilenio. Para plantear su propuesta realizaron comparaciones entre los equipos de telecomunicaciones a utilizar, de los cuales escogieron los siguientes: el HP Pro-Liant BL 480C-G como servidor porque satisface los requerimientos exigidos, como la alta capacidad de almacenamiento y su reconocimiento de calidad en el mercado; el Access Point AIRONET1522 de la marca Cisco por las ventajas en sus características técnicas; los Switches seleccionados son los Cisco Catalyst Express 500, por la compatibilidad con el Access Point, el nivel de seguridad brindado, y por su costo asequible; el Asus RT-N66U Dual-N900 como Router que posee facilidad de configuración, software de gestión, interfaz web, entre otras características. Para validar el diseño propuesto utilizaron el software Opnet Modeler 14.0 (Versión Académica), que permite simular el comportamiento de las redes inalámbricas, el área a cubrir, posibles fallas, los servicios a prestar y el perfil de los usuarios que van a acceder.

Finalmente en el trabajo “**Tecnologías aplicadas en seguridad para la terminal de transportes de Cali**”, describe la problemática de seguridad que presenta el terminal de transportes de Cali. Luego de una consulta acerca de los sistemas actuales de seguridad que posee la terminal, el autor plantea unas soluciones tecnológicas que ayudarían a mejorar en gran proporción la problemática inicial. Dentro de las soluciones propone la seguridad biométrica con identificación de rostros, controles de acceso en las entradas a los muelles del edificio y un nuevo circuito de televisión digital, con tecnología IP (Cruz, 2016).



## **5. Metodología**

### **5.1. Escenario de Aplicación y Diseño del Prototipo**

Para llevar a cabo este proyecto, se definieron inicialmente los requerimientos del sistema de acuerdo a la necesidad del problema a resolver, enfocado en el conteo de pasajeros que ingresan al bus y la localización de automotores. Por consiguiente, primeramente se determinó que el escenario para la implementación del prototipo del sistema de monitoreo para conteo de pasajeros y ubicación de los automotores, fueron los vehículos de la empresa Transportes Lolaya Ltda; este escenario permite obtener información relevante que ayude a cumplir los objetivos estipulados en este proyecto. Además, es el mismo escenario donde se instalaría el producto final. Así mismo se determinó que la parte de procesamiento y envío de datos, se ubicaría cerca de la puerta de entrada de los automotores; los sensores serán instalados dentro de barras de aluminio que estarán ubicadas en las puertas de entrada y salida.

El prototipo de sistema de monitoreo para conteo de pasajeros en la empresa Lolaya Ltda tiene como requerimientos principales los siguientes:

- Brindar información en tiempo real de cantidad de pasajeros que ingresan a un vehículo de transporte público.
- Emitir una alerta cuando se presenta un obstáculo en las barras donde se ubican los sensores, pero sin alterar el conteo de pasajeros que ingresan a un vehículo de transporte público.
- Realizar solamente el conteo de personas, evitando contabilizar otros elementos que puedan afectar la medida, como lo son bolsas, morrales, u otros objetos de mano.
- Determinar la ubicación real del automotor en un trayecto.

- Tener una estructura física apropiada para que el pasajero pueda reconocer con facilidad que el automotor posee un sistema de conteo de ingreso.
- Poseer unos puntos virtuales específicos para seguimiento del automotor.
- Proporcionar confiabilidad en el conteo de pasajeros que ingresan al vehículo.
- Bajo tiempo de soporte técnico ante alguna falla o mejora.
- Sistema alternativo para verificar conteo de pasajeros que ingresan al vehículo.
- Sonido de aviso al cruzar un pasajero y al momento de estar obstaculizados los sensores.

Conforme a estos requerimientos, el entorno que envuelve el funcionamiento del prototipo está constituido por los siguientes componentes:

- Sensores: Encargados de tomar las mediciones para el conteo de ingreso de pasajeros.
- Gateway: Es la interfaz de comunicación que recopila y envía la información del conteo de ingreso de pasajeros a un servidor remoto, ubicado en el centro base o de control.
- Servidor: Su función es almacenar y analizar la información enviada desde cada automotor a través del gateway.
- Interfaz de usuario: Medio por el cual el usuario remoto del sistema puede visualizar la información.

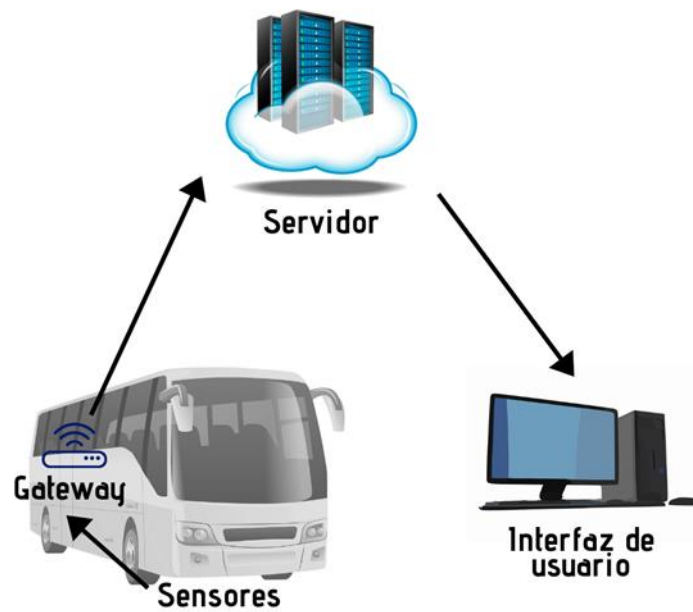


Figura 1. Diagrama de contexto. (Fuente propia)

Para que el prototipo pueda realizar el conteo de ingreso de pasajeros y ubicación de los automotores se determinó la medición de algunas variables, como son:

- Distancia: Cada automotor consta de dos sensores por puerta cuya calibración es diferente para cada automotor.
- Tiempo de ingreso/egreso de un pasajero: Se estipula un tiempo promedio que permita el paso del pasajero que tenga en cuenta las condiciones físicas de estos.
- Tiempo para obstáculo: Se estipula un tiempo específico para emitir una señal de obstáculo.
- Día/hora: Dependiendo de la cantidad de personas se espera verificar errores de conteo.
- Ubicación geográfica del automotor: Para determinar la ruta y ubicación del automotor durante su recorrido.

Con base en las anteriores variables, se presenta un diagrama de bloques del sistema a desarrollar, que consta de los siguientes bloques funcionales: alimentación, reducción de voltaje, procesamiento de información, transmisión y recepción de información, lo cual enviará a un servidor web los datos requeridos, además de alerta sonora y un sistema de vigilancia en el automotor. Este sistema se pueda apreciar en la figura 2.

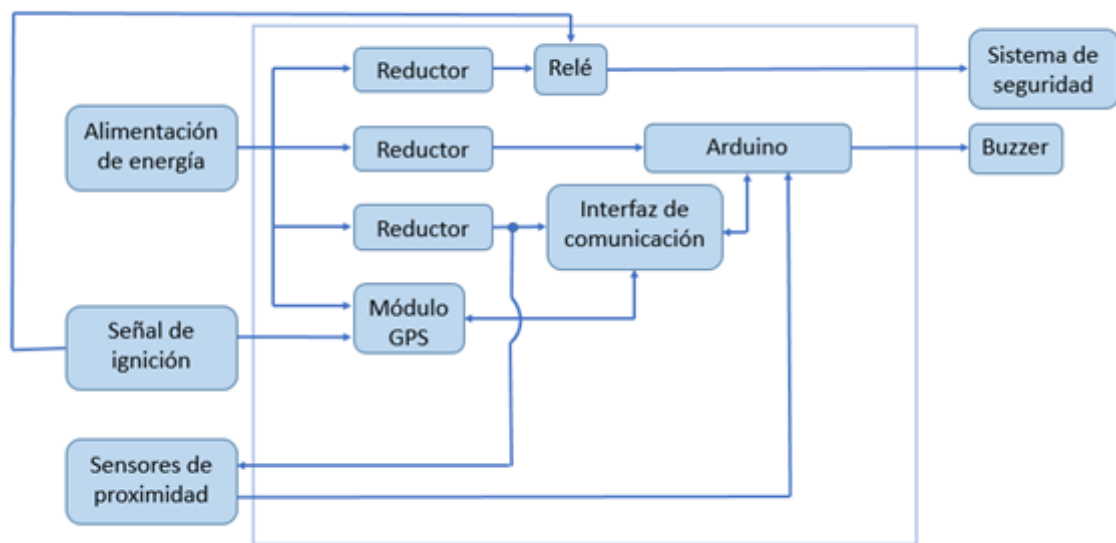


Figura 2. Diagrama de bloques del sistema. (Fuente propia)

A continuación, se describen cada uno de los bloques de la figura 2 que conforman el prototipo del sistema de monitoreo para conteo de ingreso de pasajeros y ubicación de automotores en la empresa Lolaya Ltda.

- Alimentación de energía: Su función principal es proporcionar la energía necesaria al sistema activo en el prototipo. Esta es tomada de una fuente de energía proporcionada por una batería de 12 V o 24 V del automotor, a través de un cable con recubrimiento de chaqueta de medidas “2 x 16”.
- Señal de ignición: Se encarga de indicar si el automotor está encendido o apagado.

Para esto se utiliza un cable de calibre 16 que es conectado en el terminal de ignición del interruptor, el cual permite el paso de una señal de voltaje al estar encendido el

automotor; cuando se encuentra apagado no existe ninguna señal. Dentro del prototipo de sistema de monitoreo se conecta a un relé y al GPS.

- Sensores de proximidad: Es uno de los componentes de mayor importancia en el prototipo, ya que son quienes capturan la información inicial con la que el sistema va a trabajar; si hay errores en esta etapa todo el proceso siguiente será errado. Los sensores se encuentran ocultos para pasajeros y conductor, con el fin de evitar manipulaciones sobre estos. Para esto, se utilizaron perfiles de aluminio con un acrílico polarizado (Figura 3a), al cual se acoplaron dos sensores por puerta en una posición específica para garantizar el no conteo de bolsos u objetos similares (Figura 3b).



*Figura 3. Perfil de los sensores, (a) Acrílico polarizado para evitar manipulación física, (b) Ubicación de los sensores por cada puerta del automotor. (Fuente propia)*

Este bloque cuenta con los sensores “SHARP GP2Y0A21YK”, los cuales son análogos, de distancia y operan por infrarrojos; estos proporcionan un valor de voltaje que depende de la distancia del objeto detectado (Figura 4a). Además, por recomendaciones del fabricante, se conectó un condensador electrolítico de 10 microfaradios y un condensador cerámico de 100 nanofaradios entre la alimentación y el punto de tierra, lo más cerca posible, con el fin de evitar falsas perturbaciones en la señal que pueden ser interpretadas como información (Figura 4b).

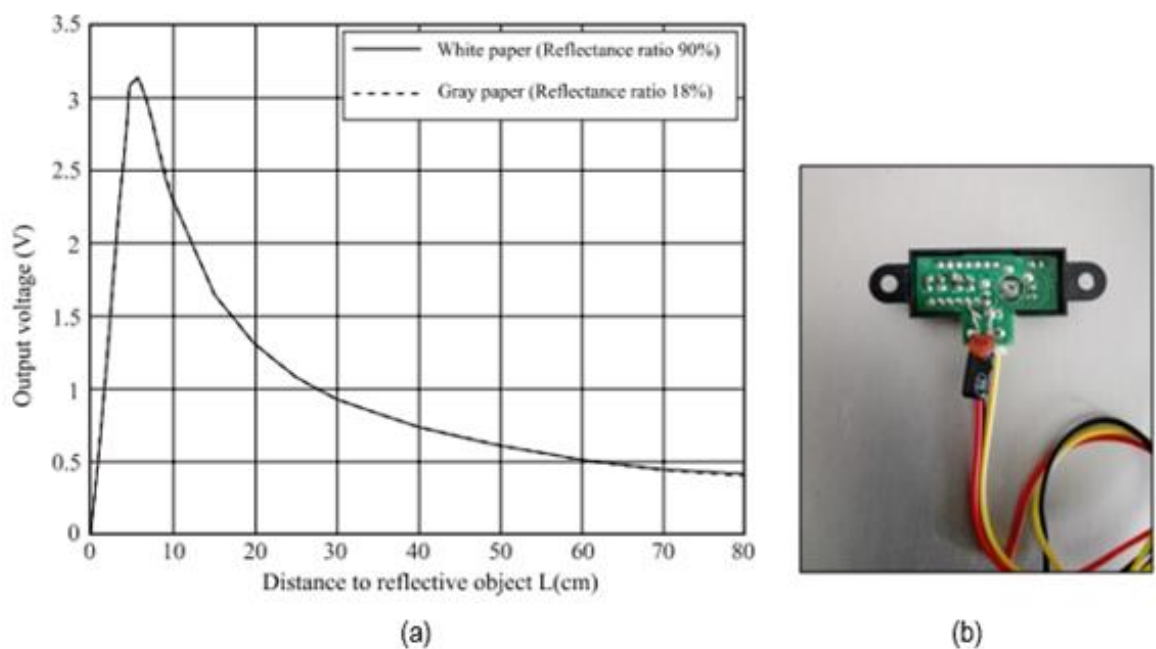


Figura 4. (a) Gráfico salida de voltaje vs distancia del objeto. Fuente: (Sharp World, 2019) (b) Sensor SHARP GP2Y0A21YK. (Fuente propia)

Un cable UTP Cat 6 de exterior es usado para transportar la información y el voltaje de alimentación; estos son conectados al reductor de voltaje de 5V y a las entradas analógicas de la plataforma Arduino.

- Reductores: Algunos dispositivos electrónicos utilizados en el prototipo utilizan un voltaje inicial menor a los 12 V o 24 V suministrados por la batería del automotor, por lo cual fue necesario el uso de una etapa de reductores de voltaje DC-DC. Además

debido a que el voltaje de la batería varía dependiendo del estado del automotor (apagado-encendido), con los reductores se regula el voltaje. Los reductores DC-DC utilizados son los “LM2596” (Figura 5), ya que sus especificaciones técnicas satisfacen las necesidades en el proyecto, y su costo en el mercado es bajo.



*Figura 5. Reductor DC-DC LM2596. (Unibot, s.f.)*

El reductor al cual está conectado el relé es regulado a 12 V, igual que el reductor del Arduino y del buzzer. Mientras que el reductor de los sensores de proximidad y el interfaz de comunicación es regulado a 5V.

- **Módulo GPS:** Para suplir la necesidad de la ubicación en tiempo real del automotor se utilizó el GPS “Suntech ST300R” (Figura 6), que posee una interfaz de comunicación serial RS232. Este dispositivo es el encargado de enviar las tramas a un servidor externo específico encargado de interpretar la información; por medio de una plataforma se muestra a los usuarios los resultados requeridos, como por ejemplo, la ubicación de automotor, la ruta recorrida, el conteo de pasajeros, las alertas de bloqueos, alerta de conexión/desconexión de la batería, velocidad de automotor, estado del motor (encendido-apagado), entre otros.

El GPS posee una batería de respaldo y posee un módulo GSM el cual proporciona un ancho de banda suficiente, no mayor a 5 MB de ancho de banda, el cual puede ser proporcionado por un PSI (Proveedor de Servicio de Internet), y así realizar el envío de la información al servidor; en caso de no existir conexión a la red

del proveedor, la información es almacenada y posteriormente es enviada, una vez se restablezca el servicio.



*Figura 6. GPS Suntech ST300R. (Suntech International, 2015)*

El módulo de la figura 6 se alimenta directamente al cable que procede de la batería del automotor ya que soporta un voltaje de alimentación máximo de 40V; además, posee una interfaz de comunicación que permite recibir la información del conteo de ingreso de pasajeros y bloqueo de los sensores; por esta interfaz también recibe la señal de ignición, cuya información es importante para determinar el estado (encendido-apagado) del automotor, ya que si este se encuentra apagado transmitirá menos datos de la ubicación del automotor, ahorrando datos de navegación.

- Interfaz de comunicación: Para lograr el intercambio de datos entre el microcontrolador y el GPS se utilizó un módulo serial “tipo hembra” RS232 TTL MAX3232 (Figura 7), el cual es una interfaz de comunicación que permite la compatibilidad entre las señales del puerto serie RS232 con los niveles TTL de circuitos lógicos.



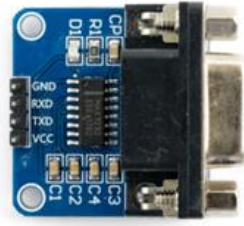


Figura 7. Módulo RS232 a TTL. (Naylamp Mechatronic, 2015)

El módulo de la figura 6 se conecta al reductor de voltaje de 5V, y los pines TTL Rx y Tx se conectan al pin 5 y 6 del Arduino respectivamente. El pin Rx del puerto RS232 se conecta al cable violeta del GPS y el pin Tx del mismo puerto se conecta al cable gris. A través de estas conexiones se permite el intercambio de información entre el Arduino y el módulo GPS.

- Arduino: La plataforma Arduino es de gran utilidad en la creación de proyectos por la facilidad de manipulación y porque está basada en software libre y hardware libre, lo cual permite complementar la tarjeta con diferentes dispositivos electrónicos sin tanta complejidad; además posee un microcontrolador que se puede programar fácilmente. En este proyecto se utilizó el “Arduino UNO” (Figura 8), por las especificaciones técnicas que posee y su costo. Mediante este dispositivo se toman los datos de los sensores y por medio de un algoritmo se obtiene la cantidad de pasajeros que transportaba el automotor en la ruta de viaje, además de emitir una señal a un buzzer que informa el paso de un pasajero y/o el bloqueo de los sensores.



Figura 8. Arduino UNO. (Prometec, 2019)

La plataforma Arduino se alimenta de un reductor de voltaje de 12V, toma los datos de los sensores de proximidad en los puertos analógicos A0,A1,A2,A3, se conecta con la interfaz de comunicación a través de los pines 5 y 6, y emite la señal al buzzer por el pin 8.

- Relé: Se utiliza un relé de 12V o 24V dependiendo del valor de la señal de ignición, su función es activar el sistema de seguridad solamente cuando el automotor esté encendido, con el fin de evitar descargar la batería del automotor cuando éste tenga mucho tiempo apagado, trayendo como consecuencias que este no encienda. La señal de ignición abre y cierra el circuito del relé que da paso al voltaje de un reductor de 12 V.
- Buzzer: Para tener una alerta sonora que indique el paso de pasajeros o el bloqueo de los sensores se utiliza un buzzer de 12V, el cual recibe la señal de mando desde el Arduino y la alimentación de uno de los reductores.
- Sistema de seguridad: Como elemento de respaldo del conteo de pasajeros se coloca una cámara de seguridad IP con slot SD y seguridad anti vandálica. Se utiliza una memoria SD clase 10 de 32 GB, y se alimenta la cámara a través de un cable UTP Cat 6 conectado al relé. Además los videos de la cámara funcionan como material probatorio de algún suceso de hurto u otro evento anormal dentro del automotor.

## **5.2. Implementación del prototipo de sistema de monitoreo para conteo de ingreso de pasajeros y ubicación de automotores en la empresa Lolaya Ltda.**

Una vez realizado el diseño de acuerdo a los requerimientos para el prototipo de sistema de monitoreo para conteo de ingreso de pasajeros y ubicación de automotores, se

realizó la implementación del mismo. Para esto, inicialmente se realizó un diagrama de flujo del sistema, evidenciado en la Figura 9, donde se representa gráficamente los objetivos que se deben satisfacer para el funcionamiento del prototipo.

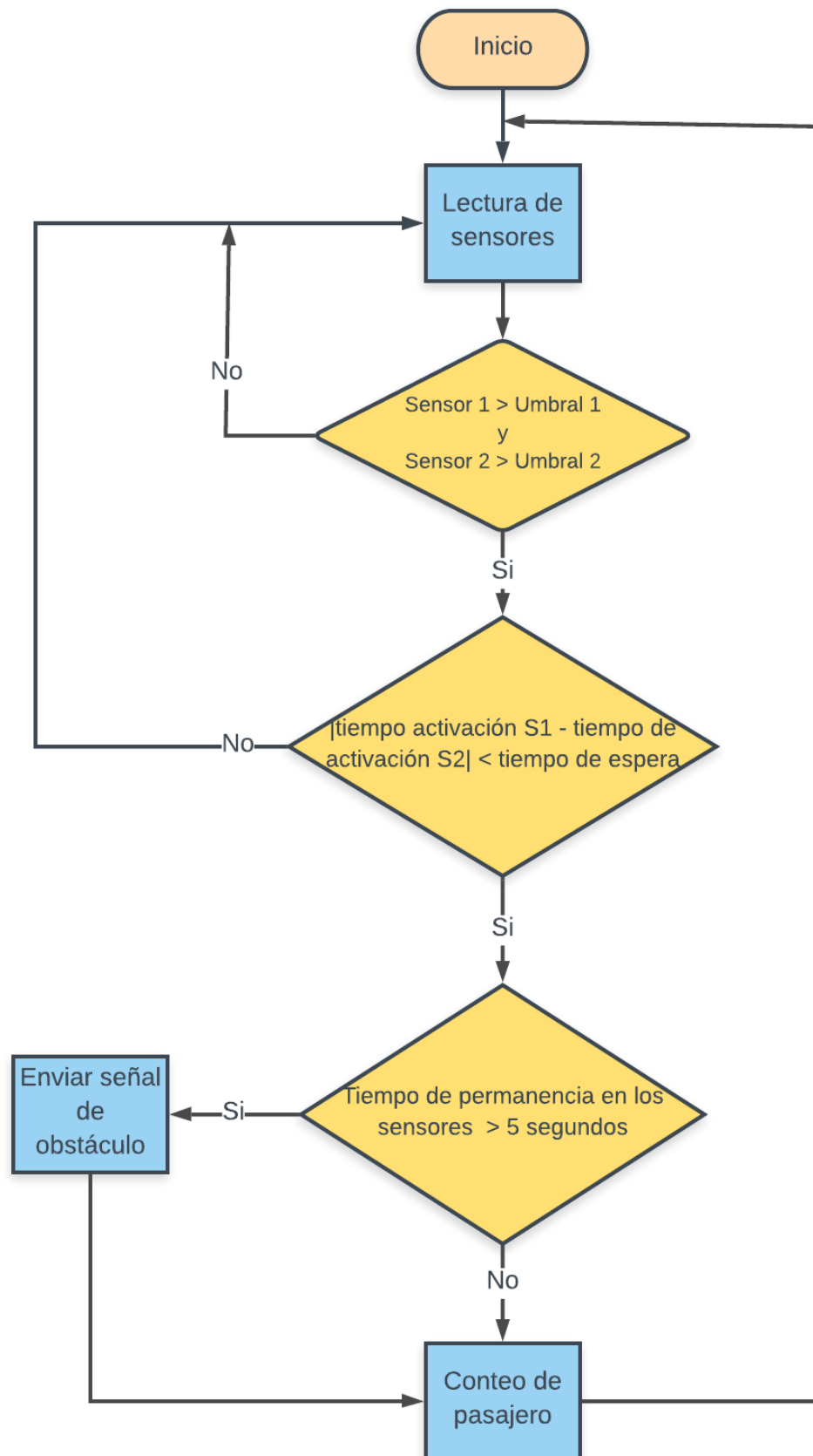


Figura 9. Diagrama de flujo del sistema. (Fuente propia)

Con base en el anterior proceso descrito por el diagrama de flujo, se desarrolló un algoritmo usando el entorno de programación Arduino IDE, para programar la plataforma. El algoritmo está basado en varias etapas: las librerías a utilizar, la declaración de las variables, la utilización de las denominadas banderas y el algoritmo principal; en este último se desarrolla la lectura de las entradas analógicas que son tomadas a través de un promedio de ocho muestras, para lograr una mayor estabilidad y por ende un menor margen de error; se escribieron los condicionales a satisfacer para permitir el conteo de ingreso de pasajeros, la emisión sonora que da el aviso de algún evento, y se especifica la simbología que es enviada a través del módulo RS232 para que sea interpretada por el GPS, encargado de mandar las tramas al servidor.

#### PROTOTIPO

```
#include <SoftwareSerial.h>          // Libreria comunicación serial
#include <EEPROM.h>                  // Libreria de memoria de almacenamiento de información

SoftwareSerial ST300R(5, 6);        //SIM800(rx,tx)
//-----Variables-----
double contador = 0;

int S1 = 0;                         //Sensor 1
int S2 = 0;                         //Sensor 2
int S3 = 0;                         //Sensor 3
int S4 = 0;                         //Sensor 4

int UM1 = 320;                      //Umbral 1
int UM2 = 350;                      //Umbral 2
int UM3 = 320;                      //Umbral 3
int UM4 = 430;                      //Umbral 4

unsigned long pasado = 0;
unsigned long pasado2 = 0;

bool flag1 = true;
bool flag2 = true;
bool obs1 = true;
bool obs2 = false;
```

```

const int SONIDO = 8;
const int Panico = 13;
const int Caja = 9;

//--Banderas-----

boolean D1 = false;
boolean D2 = false;
boolean D3 = false;
boolean D4 = false;

boolean P1 = true;
boolean P2 = true;
boolean P3 = true;
boolean P4 = true;
boolean PP1 = true; //Permiso puerta 1
boolean PP2 = true; //Permiso puerta 2

boolean Conteo = false;
boolean Conteo2 = false;

unsigned long tiempo;
unsigned long t_espera = 800 ;
long PDT1 = 0;

long PDT2 = 2500;
long PDT3 = 0;
long PDT4 = 2500;
//-----

void setup()
{
  analogReference(DEFAULT);
  //GPS Config
  Serial.begin(9600);
  ST300R.begin(9600);
  //EEPROM.write(0,0); //Número de pasajeros 0
  contador = EEPROM.read(0); //Numero de pasajeros en EEPRO - cargado al programa
  pinMode(SONIDO, OUTPUT);
  pinMode(Caja, INPUT);
  pinMode(Panico, INPUT);

  digitalWrite(SONIDO, HIGH); delay(50); digitalWrite(SONIDO, LOW); delay(50); //Pin de Sonido
  Serial.println(String(contador) + "\r");
}

void loop() {

```

```

// Puerta Delantera
int S1 = promedio1(8); //lectura de distancia
int S2 = promedio2(8); //lectura de distancia

flag1 = true;
obs1 = true;
// SE DEBEN CUMPLIR AMBOS PERMISOS PARA QUE PUEDA CONTAR, P1 ES SI D1 > UMBRAL
//Y P2 QUE SEA MENOR QUE EL TIEMPO)

if (S1 > UM1 && P1) {
  //Serial.println("Sensor 1" );
  PDT1 = millis();
  P1 = false;
}

if (S2 > UM2 && P2) {
  //Serial.println("Sensor 2" );
  PDT2 = millis();
  P2 = false;
}

if (abs(PDT1 - PDT2) < t_espera) {
  Conteo = true;
  PDT1 = 0;

  PDT2 = 2500;
} else {
  P1 = true;
  P2 = true;
}

// SE PONE EN FALSE PARA CONSERVAR EL TIEMPO EN QUE SE ACTIVO EL SENSOR
// Y ASI NO ALTERE EL MILLI
// SE VUELVE A PONER EN TRUE PARA QUE SE PONGA EN LAS CONDICIONES INICIALES
if (Conteo) {
  if (flag1) {
    if ( PP1) {
      pasado = millis();
      PP1 = false;
    }

    if ((millis() - pasado) > 5000) {
      ST300R.println("3;0"); Serial.println("3;0"); //Señal de obstaculo

      digitalWrite(SONIDO, HIGH); delay(1000);
      digitalWrite(SONIDO, LOW); delay(50);
      digitalWrite(SONIDO, HIGH); delay(1000);
      digitalWrite(SONIDO, LOW); delay(50);
      delay(2000);
    }
  }
}

```

```

    //pasado = millis();
    obs1 = false;
    PP1 = true;
}
S1 = promedio1(8); //lectura de distancia
S2 = promedio2(8); //lectura de distancia

if (obs1 == true) {
    if (S2 < UM2 && S1 < UM1 ) {
        Serial.print("S1= "); Serial.print(S1);
        Serial.print(" S2= "); Serial.println(S2);
        contador += 1;
        Conteo = false;
        PP1 = true;
        //Publicamos en pantalla
        //Guardamos en memoria permanente
        EEPROM.write(0, contador);
        //Sonido
        digitalWrite(SONIDO, HIGH); delay(35);
        digitalWrite(SONIDO, LOW); delay(800);

        String Dato = String(contador);
        if (Dato[int(Dato.length()) - 2] == '0') {
            Serial.println("1;" + String(int(contador)));

            ST300R.println("1;" + String(int(contador)));
        }
        flag1 = false;
    }
}
if (obs1 == false) {
    flag1 = false;
}
}

// Puerta Trasera

int S3 = promedio3(8); //lectura de distancia
int S4 = promedio4(8); //lectura de distancia

flag2 = true;
obs2 = true;

if (S3 > UM3 && P3) {
    //Serial.println("Sensor 3" );
    PDT3 = millis();
}

```



```
    P3 = false;
}
if (S4 > UM4 && P4) {
    //Serial.println("Sensor 4" );
    PDT4 = millis();
    P4 = false;
}

if (abs(PDT3 - PDT4) < t_espera) {
    Conteo2 = true;
    PDT3 = 0;
    PDT4 = 2500;
} else {
    P3 = true;
    P4 = true;
}
if (Conteo2) {
    if (flag2) {

        if ( PP2) {
            pasado2 = millis();
            PP2 = false;
        }
    }
}
```

```

    if ((millis() - pasado2) > 5000) {
        ST300R.println("4;0"); Serial.println("4;0"); //Señal de obstaculo
        digitalWrite(SONIDO, HIGH); delay(1000);
        digitalWrite(SONIDO, LOW); delay(50);
        digitalWrite(SONIDO, HIGH); delay(1000);
        digitalWrite(SONIDO, LOW); delay(50);
        delay(2000);

        //pasado2 = millis();
        obs2 = false;
        PP2 = true;
    }
    S3 = promedio3(8); //lectura de distancia
    S4 = promedio4(8); //lectura de distancia

    if (obs2 == true) {
        if (S4 < UM4 && S3 < UM3) {
            Serial.print("S3= "); Serial.print(S3);
            Serial.print(" S4= "); Serial.println(S4);
            contador += 1;
            Conteo2 = false;
            PP2 = true;
            //Publicamos en pantalla
            //Guardamos en memoria permanente
            EEPROM.write(0, contador);

            //Sonido
            digitalWrite(SONIDO, HIGH); delay(25);
            digitalWrite(SONIDO, LOW); delay(800);

            String Dato = String(contador);
            if (Dato.length() - 2 == '0') {
                Serial.println("2;" + String(int(contador)));
                ST300R.println("2;" + String(int(contador)));
            }
            flag2 = false;
        }
    }
    if (obs2 == false) {
        flag2 = false;
    }
}

//-----

float promedio1(int n) {
    float suma = 0;
    for (int i = 0; i < n; i++)

```

```
{
    suma = suma + analogRead(0);
    delay(3);
}

float prom = suma / n;
return (prom);
}

float promedio2(int n) {
    float suma = 0;
    for (int i = 0; i < n; i++)
    {
        suma = suma + analogRead(1);
        delay(3);
    }

    float prom = suma / n;
    return (prom);
}

float promedio3(int n) {
    float suma = 0;
    for (int i = 0; i < n; i++)
    {

        suma = suma + analogRead(2);
        delay(3);
    }
    float prom = suma / n;
    return (prom);
}

float promedio4(int n) {
    long suma = 0;
    for (int i = 0; i < n; i++)
    {
        suma = suma + analogRead(3);
        delay(3);
    }

    float prom = suma / n;
    return (prom);
}
< >
```

Compilado

Figura 10. Algoritmo utilizado para la programación del Arduino. (Fuente propia)

Además, se desarrolló un algoritmo adicional para conocer las lecturas de los sensores con presencia y ausencia de personas y de esa forma determinar los umbrales correctos en el

algoritmo principal; esto permite brindar soporte a la verificación del funcionamiento de los sensores.

```
PRUEBA
#include <SoftwareSerial.h>
//-----Variables-----
int S1=0;
int S2=0;
int S3=0;
int S4=0;
//-----Funciones-----
float promedio(int n,int ang) {
  // n    = Número de muestras
  // ang  = Entrada analogica
  float suma = 0;
  for (int i = 0; i < n; i++)
  {
    suma = suma + analogRead(ang); //Acumulador
    delay(3); //Tiempo de lectura
  }
  float prom = suma / n;
  return (prom);
}
//-----Configuraciones-----
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Velocidad de transmisión Baudios, la misma del GPS
  pinMode(8, OUTPUT);
  digitalWrite(8,HIGH);delay(50); // Bit de arranque - Confirma configuración
  digitalWrite(8,LOW);
}
```

```

}
//-----Código ciclico-----
void loop() {

    S1=promedio(8,0); //lectura de distancia
    S2=promedio(8,1); //lectura de distancia
    S3=promedio(8,2); //lectura de distancia
    S4=promedio(8,3); //lectura de distancia

    Serial.print("S1= ");    Serial.print(S1);
    Serial.print("S2= ");    Serial.print(S2);
    Serial.print("S3= ");    Serial.print(S3);
    Serial.print("S4= ");    Serial.println(S4);

    delay(500);

}

//-----

```

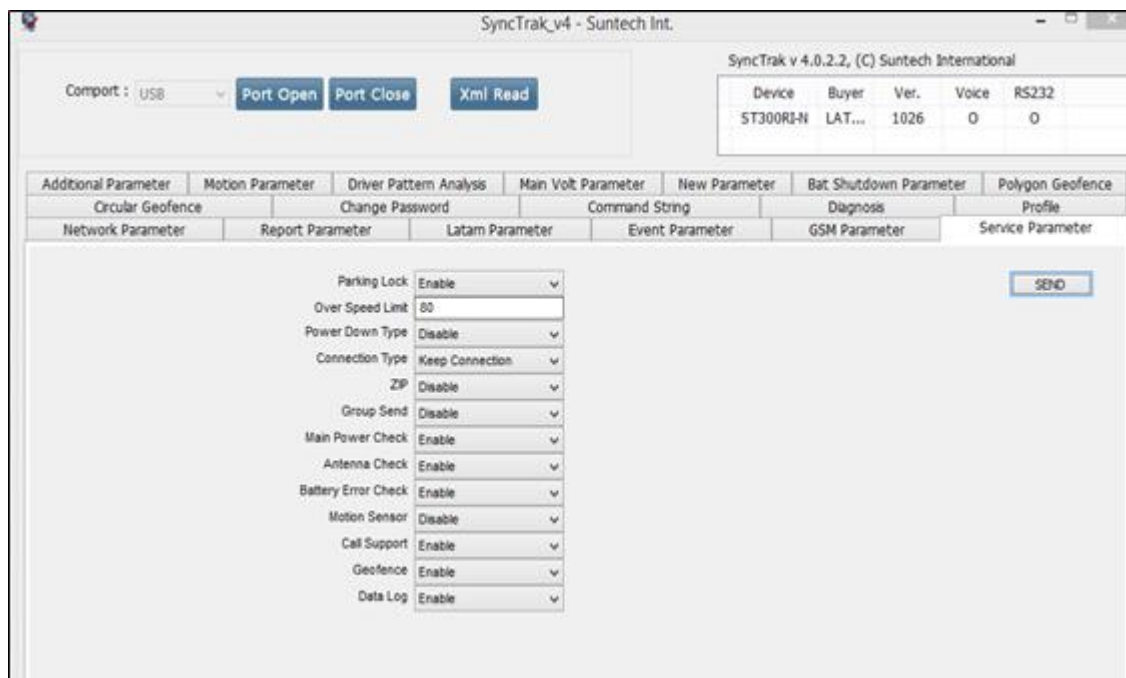
Compilado

Figura 11. Algoritmo para prueba de los sensores. (Fuente propia)

Luego de concluir con la programación de la plataforma Arduino, se configuró el módulo GPS Suntech ST300R; para esto se utilizó el programa SyncTrak\_v4 recomendado por el manual de usuario.



(a)



(b)

Figura 12. (a) Interfaz de SyncTrak\_v4. (b) Configuración de los parámetros de servicio del GPS. (Fuente propia)

En este programa se configuran los siguientes parámetros: red, reporte, eventos, GPS, configuración, y las geocercas, cuyas coordenadas fueron suministradas por la empresa Transportes Lolaya Ltda.

Como se mencionó anteriormente, a través del dispositivo GPS se envían las tramas con la información recolectada del sistema a un servidor en la nube, cuyo contenido se muestra a continuación:

Tabla 6  
Estructura de trama enviada por el GPS.

Tipo de Dato	Valor
HDR	ST300UEX
DEV_ID	100850000
MODEL	1
SW_VER	10
DATE	20180531
TIME	7:41:56

CELL	2F100
LAT	110.115.796
LON	-748.081.513
SPD	86
CRS	45
SATT	5
FIX	1
DIST	20
PWR_VOLT	12.50
I/O	1100
LEN	25
DATA	1
CHK_SUM	158
H_METER	22
BCK_VOLT	4.5
MSG_TYPE	1

*Tipo de dato, con su valor emitido. (Fuente propia)*

En la tabla anterior se muestra la estructura de la trama, en donde para mayor entendimiento, se muestra seguidamente la captura de una trama que llega al servidor proveniente de un automotor:

“ST300UEX;100850000;01;010;20180531;07:41:56;+11.0115796;-  
74.8081513;86;45;5;1;20;12.50;001100;25;1;158;22;4.5;1”

A continuación se muestra el significado de cada segmento de la trama:

*Tabla 7*  
*Identificación de los segmentos de la trama*

<b>Trama</b>	<b>Significado</b>
HDR	Etiqueta de Conteo de pasajeros
DEV_ID	Identificación de dispositivo
MODEL	Modelo
SW_VER	Versión de software
DATE	Fecha
TIME	Hora
CELL	Celda
LAT	Latitud
LON	Longitud
SPD	Velocidad

CRS	Curso sobre terreno en Grados
SATT	Número de satélites.
FIX	GPS Estable (1) Inestable (0)
DIST	Distancia Recorrida
PWR_VOLT	Voltaje
I/O	Valor de entradas y salidas
LEN	Longitud de la información
DATA	Tipo de alerta del sensor.
CHK_SUM	Suma de chequeo (Información del conteo de pasajeros)
H_METER	Tiempo de conducción
BCK_VOLT	Voltaje de la batería de respaldo
MSG-TYPE	Si es en tiempo real (1) si es información guardada (0)

(Fuente propia)

Otro aspecto importante en la implementación fue la conexión de la plataforma Arduino con el módulo GPS; para lograrla se utilizó el módulo serial RS232 como acople, teniendo en cuenta que la plataforma Arduino trabaja con tecnología TTL (transistor-transistor logic), y el módulo GPS Suntech ST300R está equipado con una interfaz de comunicación serial RS232.

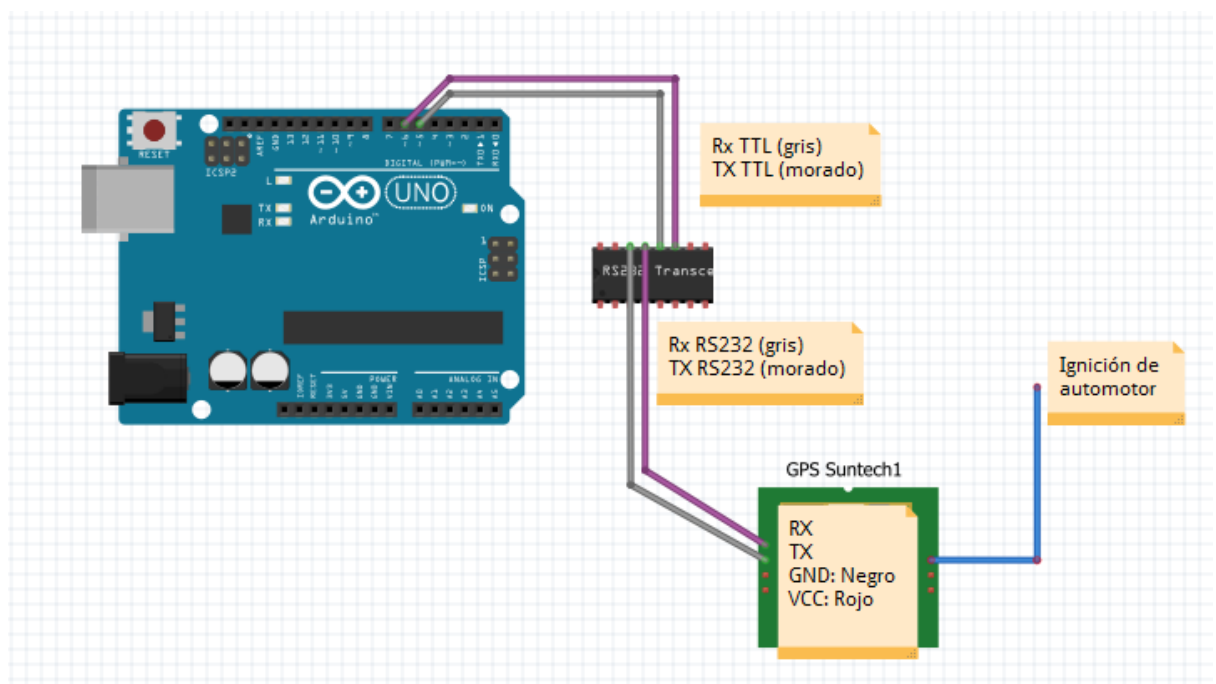


Figura 13. Conexión Arduino con GPS. (Fuente propia)



Posterior a este paso, se acopló todo el sistema, con sensores y sistema de energía, similar al descrito en la figura 2, en donde se muestra el diagrama de bloques general. Estas conexiones se pueden apreciar en la figura 14. Los elementos del prototipo se conectaron de la siguiente manera:

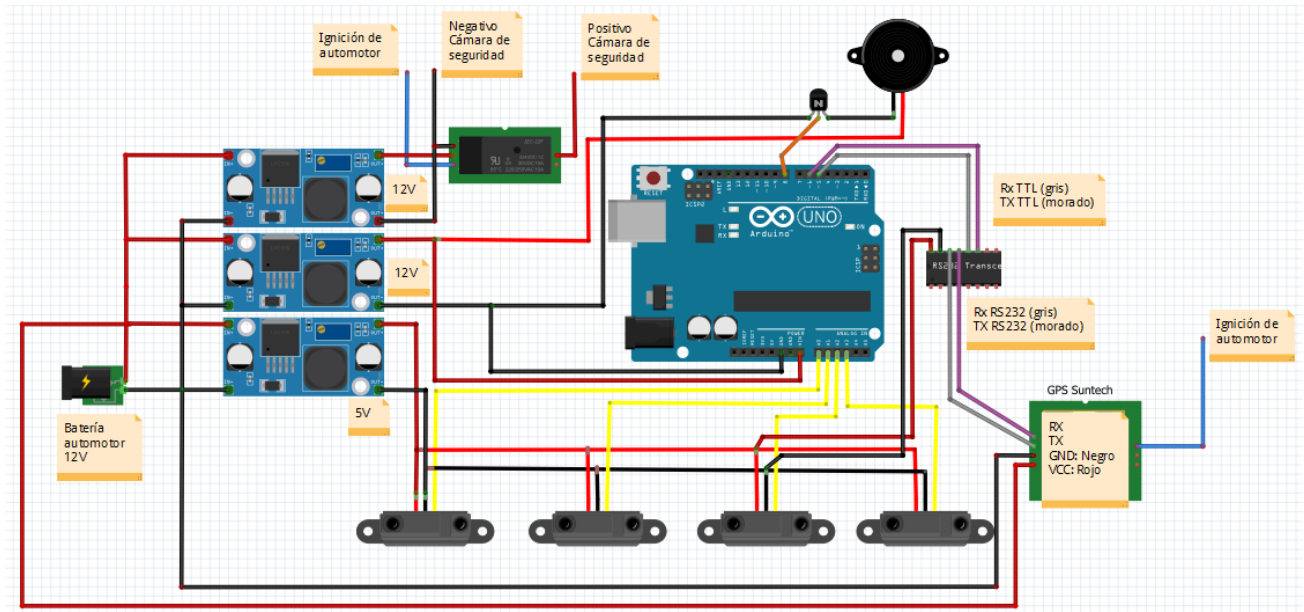


Figura 14. Esquema de conexión del prototipo. (Fuente propia)

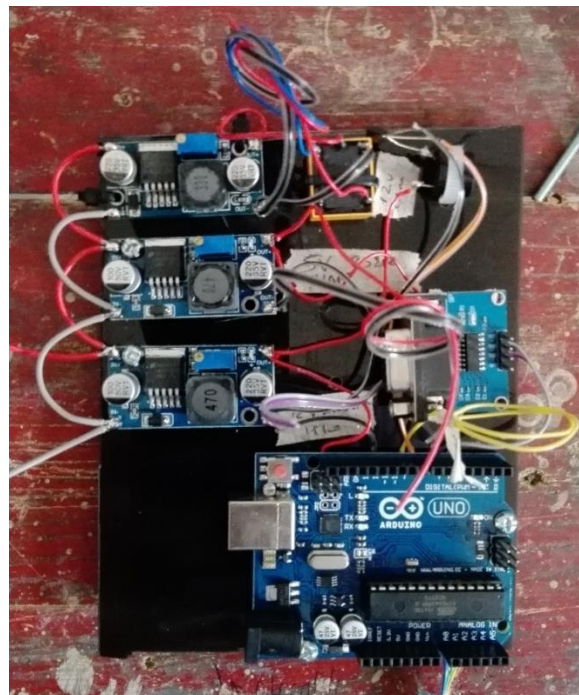


Figura 15. Prototipo culminado sin conexión del GPS ni los sensores que están ubicados en los perfiles de la Figura 3. (Fuente propia)

Luego de hacer el trabajo previo a la instalación en el automotor, lo primero que se realiza es decidir la ubicación de la caja metálica en la cual se guardará el prototipo de conteo de ingreso de pasajeros con el GPS, la cual por lo general se coloca cerca de la puerta delantera. Posteriormente se procede a instalar el cableado necesario para el prototipo, usando cable UTP Cat 6 de exterior para la transmisión de la señal y voltaje de los sensores; también para alimentar la cámara de seguridad que se ubica en la parte frontal interna del automotor. Para la alimentación del prototipo se utilizó un cable con recubrimiento de chaqueta de dos hilos calibre 14 en los cables principales del automotor que salen de los bornes de la batería. Por último, un cable de calibre 16 es usado para dar la ignición del automotor.

Para instalar los perfiles metálicos que contienen los sensores, se utiliza tubos del mismo material con soportes plásticos para fijarlos a la tubería del automotor, con una distancia entre perfiles de 48 cm por exigencia de la empresa y una altura de 1.20 metros (dependiendo de la carrocería del automotor).



Figura 16. Instalación culminada de perfiles, (a) Puerta delantera, (b) Puerta trasera. (Fuente propia)

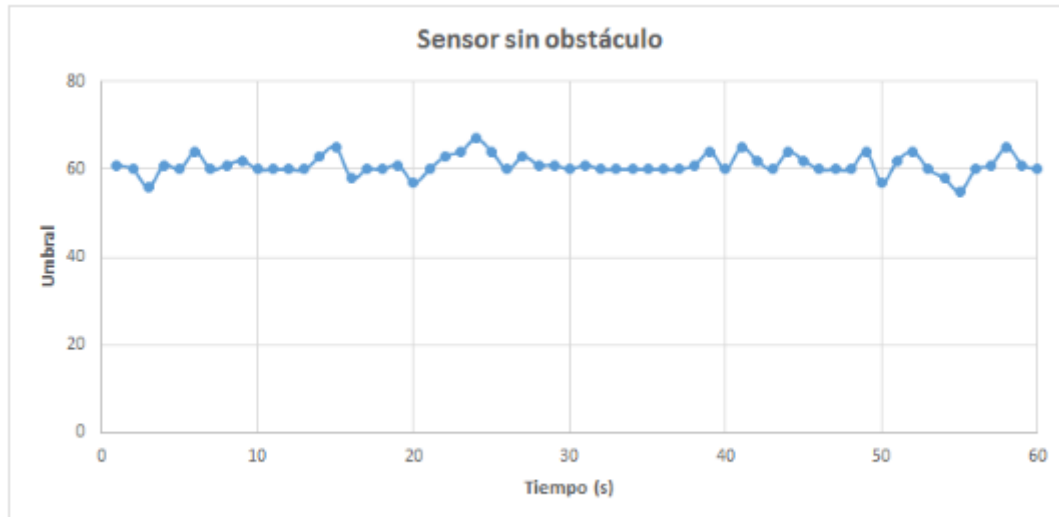
Una vez realizada esta implementación se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento en el automotor, y así validar su correcta operación.

### **5.3. Pruebas de funcionamiento del prototipo de sistema de monitoreo para conteo de ingreso de pasajeros y ubicación de automotores en la empresa Lolaya Ltda.**

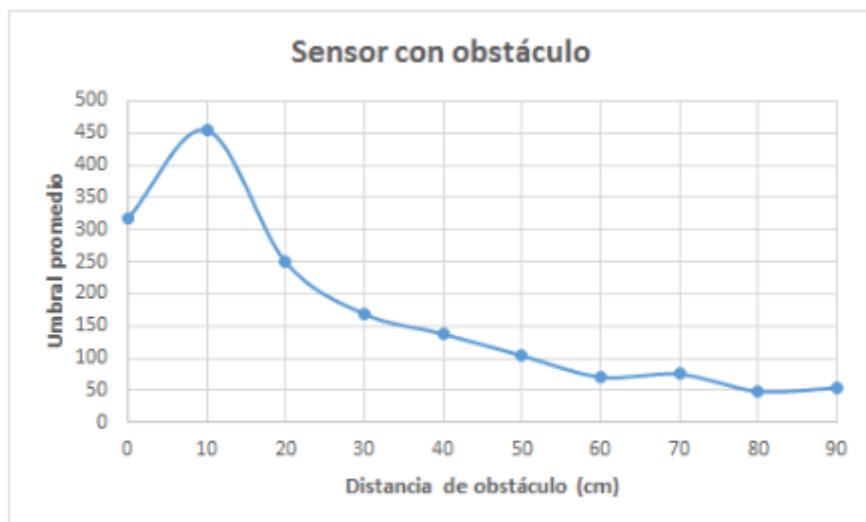
Al finalizar la instalación se procedió a realizar pruebas de funcionamiento del prototipo instalado en los automotores. Se hicieron pruebas de comportamiento de los sensores, se validó el funcionamiento del prototipo comparándolo con el sistema anterior en condiciones de bloqueo, a su vez que el número de pasajeros sea igual al contado por un operario a través de la cámara de seguridad, y por último, se realizaron pruebas para determinar la ubicación del automotor, comparándola con la arrojada por la interfaz de monitoreo de la empresa.

#### **5.3.1. Prueba de comportamiento del sensor**

Los sensores utilizados al ser análogos muestran variación en los datos de salida, por lo cual se realizaron pruebas a través de un algoritmo que permite comprobar el valor de salida de los sensores en ausencia y presencia de obstáculos. Además, se analiza la relación distancia-dato de salida.



(a)



(b)

Figura 17. (a) Gráfica de comportamiento del sensor sin obstáculo. (b) Gráfica de comportamiento del sensor con obstáculo. (Fuente propia)

En la figura 17a, se analizó el comportamiento del sensor sin obstáculo a través del tiempo, por lo que se puede afirmar que el umbral manifestado se mantiene oscilando en unos rangos similares. La muestra fue tomada cada segundo por un prolongado espacio de tiempo, en la gráfica se observa una muestra del comportamiento por un minuto, en el cual se determina un umbral promedio de 60,96.

En la figura 17b, se analizó el comportamiento del sensor con obstáculo cada 10 cm de distancia, recordando que según las especificaciones técnicas, este sensor mide de mejor manera entre los 10 cm y 80 cm. Se tomaron 50 muestras de la medida del umbral por cada distancia y se procedió a sacar un promedio.

Estos datos fueron de gran importancia para determinar el valor de umbral más adecuado con el cual el algoritmo debería admitir la presencia de una persona y para determinar la distancia de separación entre los sensores de cada puerta del automotor. Cabe resaltar que, la anterior prueba se realizó antes y después del montaje en el automotor, y con cada sensor.

Los sensores varían la lectura sin obstáculo entre diferentes automotores, lo que no permite estandarizar un algoritmo (en la sección de escoger los límites de medidas para los umbrales) para todos los automotores, esto sucede porque la lectura de los sensores es muy sensible a las diferentes variables que se presentan, como la distancia del cable, el estado de la batería principal del automotor, las conexiones, y la vibración delacrílico.

### **5.3.2. Prueba de comparación entre sistema de conteo anterior con el del prototipo, al momento de evidenciar un bloqueo**

En esta prueba se usó un automotor saliendo de la estación base con 218 pasajeros y que presenta bloqueo en las barras delanteras del sistema de conteo por ubicación de un pasajero. En la tabla 1 se evidencia que bajo esta situación el sistema anterior, al percibir un bloqueo, se altera considerablemente el conteo de pasajeros, mientras que el prototipo emite la alerta de bloqueo y suma al conteo luego de la evasión de este.

- Fecha: 05/06/2019

Ruta: Zoológico

Hora de salida: 03:55 p. m.

Hora de llegada: 08:36 p. m.

Tabla 8

Comparación entre sistema anterior y prototipo, al momento de evidenciar bloqueo.

SISTEMA ANTERIOR		PROTOTIPO	
Pasajeros	Bloqueos	Pasajeros	Bloqueos
219	0	219	0
219	0	220	0
220	0	221	0
221	0	222	0
221	0	223	0
220	0	224	0
220	0	225	0
221	0	226	0
222	0	227	0
223	0	228	0
236	22	0	1
236	1	229	0
236	0	230	0
237	2	231	0
238	1	232	0
558	0	233	0
558	99	0	1
559	0	234	0
559	0	235	0
560	0	236	0
560	0	237	0
560	0	238	0
561	0	239	0
562	0	240	0
561	0	241	0
562	0	242	0
563	0	243	0
564	0	244	0
565	0	245	0
565	0	246	0
566	0	247	0
566	0	248	0
567	0	249	0
568	0	250	0
568	0	251	0
567	0	252	0
568	0	253	0
569	0	254	0

569	0	255	0
569	0	256	0
570	0	257	0
570	0	258	0
570	0	259	0
571	0	260	0
571	0	261	0
572	0	262	0
573	0	263	0
573	0	264	0
574	0	265	0
574	0	266	0
575	0	267	0
575	0	268	0
576	0	269	0
576	0	270	0
576	0	271	0
577	0	272	0
577	0	273	0
578	0	274	0
579	0	275	0
579	0	276	0
579	0	277	0
580	0	278	0
580	0	279	0
581	0	280	0
581	0	281	0
581	0	282	0
582	0	283	0
583	0	284	0
584	0	285	0
584	0	286	0
584	0	287	0
585	0	288	0
585	0	289	0
585	0	290	0
586	0	291	0
586	0	292	0
586	0	293	0
587	0	294	0
587	0	295	0
588	0	296	0
588	0	297	0
588	0	298	0
589	0	299	0
589	0	300	0

589	0	301	0
590	0	302	0
590	0	303	0
590	0	304	0
591	0	305	0
591	0	306	0
591	0	307	0
592	0	308	0
592	0	309	0
592	0	310	0
593	0	311	0
593	0	312	0
594	0	313	0
594	0	314	0
594	0	315	0
595	0	316	0
595	0	317	0
595	0		
596	0		
596	0		
596	0		
597	0		
597	0		
598	0		
599	0		
599	0		
599	0		
600	0		
600	0		
601	0		
601	0		
602	0		
602	0		
602	0		
603	0		
603	0		
604	0		
604	0		
605	0		
605	0		
605	0		
606	0		
606	0		
607	0		
606	0		



607	0
608	0
609	0
609	0
609	0
610	0
610	0
610	0
611	1
611	0
611	1
611	0
612	0
612	0
612	0
613	0
614	0
615	0
615	0
616	0
616	0
616	0
618	1
618	0
619	0
619	0
620	0
620	0
621	0
621	0
621	0
622	0
622	0
623	0
623	0
625	0
626	0
625	0
626	0
626	0
627	0
628	0
628	0
628	0

629	0
630	0
631	0
632	0
633	0
634	0
634	0
635	0
635	0
635	0
636	0
636	0
636	0
637	0
639	0
637	0
638	0
638	0
639	0
640	0
640	0
641	0
642	0
642	0
642	0
643	0
644	0
646	0
645	0
645	0
645	0
646	0
646	0
647	0
647	0
648	0
648	0
649	0
649	0
650	0
650	0
650	0

---

(Fuente propia)

El sistema anterior arrojó un conteo de pasajeros de 432, y el prototipo de 99 pasajeros. Por medio de una cámara de seguridad instalada en el automotor se verificó el conteo real, dando como resultado 98 pasajeros, por lo cual se comprobó un menor margen de error del prototipo en los casos de bloqueo, el cual era uno de los requerimientos exigidos por la empresa Transportes Lolaya Ltda.

Tabla 9.

Porcentaje de error del sistema anterior y el prototipo comparado con la cámara de seguridad

	N° de pasajeros	Porcentaje de error (%)
<b>Sistema anterior</b>	432	340,8163265
<b>Prototipo</b>	99	1,020408163
<b>Cámara</b>	98	0

(Fuente propia)

### 5.3.3. Prueba de localización del automotor

Se verificó que la información indicada por el GPS para la localización del automotor fuera la correcta, seleccionando unos puntos de monitoreo de ubicación y verificando que fueran los reportados por la interfaz al momento de estar el automotor ubicado en la respectiva localización. Las coordenadas suministradas por la empresa Transportes Lolaya Ltda se cargaron al GPS a través del programa SyncTrak\_v4. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10.

Puntos virtuales mostrados por el GPS en la plataforma

COORDENADAS		PUNTOS VIRTUALES
Latitud	Longitud	
10.898.399	-747.863.347	BASE (Entrada-Salida)
+10.9067907	-747.743.224	ARA
10.916.168	-747.656.229	AMERICAN BAR
+10.9352739	-747.660.189	ITSA
+10.9439029	-747.768.666	SIMON BOLIVAR

109.520.921	-747.873.717	CAMPBELL
10.953.437	-747.946.453	CALLE 40B CON 14
109.556.641	-748.005.703	CALLE 45D CON CRA 14
109.617.785	-748.032.617	PARQUE SAN VICENTE
109.715.829	-748.057.375	CALLE 64 CON CRA 24
109.847.433	-748.090.482	FRUTERA BARRANQUILLA
109.888.337	-748.117.952	UNICO
109.975.537	-748.060.438	CALLE 74 CON CRA 49
11.002.757	-747.995.015	COOMEVA
110.115.796	-748.081.513	PANADERIA LA BAGUETTE
+11.0193087	-748.132.794	VILLA CAROLINA
110.263.105	-748.038.269	CALLE 85 CON VIA 40
110.387.456	-748.275.844	ROMBOY DE LAS FLORES
110.103.749	-748.084.159	PARQUE EL GOLF
110.006.879	-747.993.608	CALLE 72 CON 57
109.865.497	-748.101.088	CALLE 72 CON 39
+10.9973429	-748.037.751	CALLE 72 CON 50
109.715.829	-748.057.375	LOS ANDES
109.090.494	-74.780.839	CALLE 43 NO. 13B SOLEDAD 2000
109.146.761	-747.740.409	ENTRADA SOL 2000
109.505.195	-747.915.545	CAMPITO
109.556.641	-748.005.703	CALLE 45D CON CRA 14
109.617.645	-748.033.072	PARQUE SAN VICENTE
+10.9755368	-748.032.781	PARQUE DE LOS ANDES
109.973.429	-748.037.751	CALLE 72 CON 50
110.007.435	-74.799.298	PRADO
+11.0121888	-747.959.598	LA CONCEPCION
+11.0000004	-7.480.027	HOTEL DEL PRADO
+10.9853336	-748.111.431	ÉXITO SAN FRANCISCO-REF
109.769.722	-748.084.031	LOS ANDES DE REGRESO
109.708.423	-747.984.732	CALLE 53D CON 24
109.467.332	-747.861.591	CRA 8 CON 31
109.363.922	-747.817.743	TAURO DE LA 30
109.148.788	-747.739.814	REDESPACO GECOLSA
109.707.665	-748.109.456	CALLE 70C CON 22D SAN FELIPE
109.813.322	-748.185.534	CALLE 79 CON 27 SILENCIO
109.928.125	-747.902.667	CALLE 54 CRA 54 COLISEO
109.946.962	-747.966.288	CALLE 64 CON 52, ESQUINA

109.962.612	-747.979.514	CALLE 68 CON 53, ESQUINA
109.800.239	-748.182.051	CALLE 79 CON 26C5, SILENCIO
109.550.254	-748.211.772	CRA 9 CON 76, SAN MARTIN

(Fuente propia)

#### 5.3.4. Prueba de conteo de pasajeros en los trayectos de operación

A través de seguimientos físicos en los trayectos de operación de los automotores, se observaron algunas anomalías en unos eventos específicos al momento de contar los pasajeros. Uno de los eventos en donde se omitía el conteo del pasajero era al momento que pasaban muchas personas seguidas, esto es porque el código principal maneja un tiempo de activación de los sensores para permitir el paso entre una persona y otra, pero si se disminuía mucho ese tiempo contaba dos personas cuando solo pasaba una, y si se subía ese tiempo, en los casos en donde se subían o bajaban varias personas a la vez omitía el conteo de alguna de ellas, por lo cual el resultado del conteo final era menor al real.

Otro de los eventos era cuando el pasajero era una persona (en la mayoría de casos, niños) con una altura menor de 110 cm, los sensores no alcanzaban a detectarlo, debido a la ubicación de unos de los sensores.



Figura 18. Imagen tomada de la cámara de seguridad de un automotor. (Fuente propia)

## **6. Resultados y Análisis**

Luego de realizar las pruebas anteriores y hacer seguimiento al funcionamiento del prototipo en diferentes trayectos del automotor, se logró ajustar los umbrales de los sensores, escoger el tiempo de activación de los sensores al momento de pasar una persona, y así reducir el margen de error del conteo total de pasajeros por trayecto.

Además, se obtuvieron resultados positivos en el conteo en tiempo real de pasajeros, en la ubicación del automotor, en la relación con el usuario, al momento de identificar el sistema de conteo en el automotor, y las señales de alerta sonoras. Por medio de los anteriores resultados la empresa logró realizar diferentes análisis que permiten mejorar el control de ventas de cada automotor y reducir los tiempos de obtención.

### **6.1. Visualización de los datos suministrados por el prototipo**

Por medio de la plataforma que posee la empresa Transportes Lolaya Ltda, se puede observar los datos suministrados por el prototipo en el automotor. En la siguiente tabla se observa la placa, código (número del interno del automotor), evento, bloqueo, velocidad en Km, fecha, hora, y la dirección.

20/11/2019									
728 / TPZ688									
Cargar									
Arrastre una columna y suéltela aquí para agrupar									
#	Fecha Hora	Pasajero/ Alarma/ Pvirtual	Tipo de evento	Registro	Subidas	Bajadas	Bloqueos	Velocidad	Direccion
415	2019-11-20 10:49:43	CAMPITO	PUNTO VIRTUAL	0			0	7.645	KR 11-35B EL CAMPITO
416	2019-11-20 10:48:43	CAMPITO	PUNTO VIRTUAL	0			0	23.769	CL 36B-9C EL CAMPITO
417	2019-11-20 10:47:47	N/A	REGISTRADORA	10343			0	2.18	LAS PALMAS
418	2019-11-20 10:45:52	CRA 8 CON 33A	PUNTO VIRTUAL	0			0	28.062	KR 8-33A TAYRONA
419	2019-11-20 10:45:45	CRA 8 CON 33A	PUNTO VIRTUAL	0			0	22.77	KR 8-33 TAYRONA
420	2019-11-20 10:35:41	DISPONIBLE 15	PUNTO VIRTUAL	0			0	7.206	CL 30-2 SIMON BOLIVAR
421	2019-11-20 10:35:23	DISPONIBLE 15	PUNTO VIRTUAL	0			0	36.214	CL 30-1E SIMON BOLIVAR
422	2019-11-20 10:34:19	INEM	PUNTO VIRTUAL	0			0	17.509	AV BOYACA-34A EL TUCAN
423	2019-11-20 10:34:06	N/A	REGISTRADORA	10342			0	4.845	AV BOYACA-34A EL TUCAN
424	2019-11-20 10:34:00	INEM	PUNTO VIRTUAL	0			0	18.953	AV BOYACA-34A EL TUCAN
425	2019-11-20 10:33:26	N/A	REGISTRADORA	10341			0	0.365	CL 30-30 EL TUCAN
426	2019-11-20 10:32:31	N/A	REGISTRADORA	10340			0	0.454	EL TUCAN
427	2019-11-20 10:29:19	ENTRADA SOL 2000	PUNTO VIRTUAL	0			0	27.061	CL 30-16 SAN ANTONIO
428	2019-11-20 10:27:13	ENTRADA SOL 2000	PUNTO VIRTUAL	0			0	13.786	KR 17-30 SIN DEFINIR SOLEDAD
429	2019-11-20 10:23:46	ALCALDIA SOLEDAD	PUNTO VIRTUAL	0			0	26.939	SIN DEFINIR SOLEDAD
430	2019-11-20 10:23:39	ALCALDIA SOLEDAD	PUNTO VIRTUAL	0			0	22.93	CL 41- SIN DEFINIR SOLEDAD
431	2019-11-20 10:22:07	N/A	REGISTRADORA	10339			0	1.111	SIN DEFINIR SOLEDAD
432	2019-11-20 10:22:00	N/A	REGISTRADORA	10338			0	1.611	SIN DEFINIR SOLEDAD
433	2019-11-20 10:17:48	N/A	REGISTRADORA	10337			0	4.547	SIN DEFINIR SOLEDAD
434	2019-11-20 10:04:20	N/A	REGISTRADORA	10336			0	0.276	SIN DEFINIR SOLEDAD
435	2019-11-20 10:03:14	SALIDA	PUNTO VIRTUAL	0			0	26.237	SIN DEFINIR SOLEDAD

Figura 19. Información mostrada en la plataforma (Fuente propia)

Esta información permite que el operario encargado verifique si el automotor cumplió con los tiempos de llegada a cada ubicación (punto virtual) estipulados por la empresa, para evitar el desorden en la ruta entre automotores que al final afectan en los tiempos de espera de los pasajeros. Además con una simple resta aritmética que la misma plataforma realiza el operario liquida el número de pasajeros vendidos en determinado trayecto.

## 6.2. Análisis de los Datos Obtenidos por el Prototipo

Se pueden realizar diversos tipos de análisis con los datos obtenidos por el prototipo, tales como, días con mayor afluencia de pasajeros, zonas en donde más se hace uso del servicio, horas del día con mayor demanda del servicio del transporte, meses con mayor demanda del servicio, entre otras.

### 6.2.1. Análisis de venta mensual de un automotor

En la figura 19 se puede analizar las ventas diarias que realizó un automotor por un mes, cuya información es relevante para conocer las ganancias generadas, los días descansados, comparar información con otros automotores en las mismas condiciones de trayecto, entre otras.

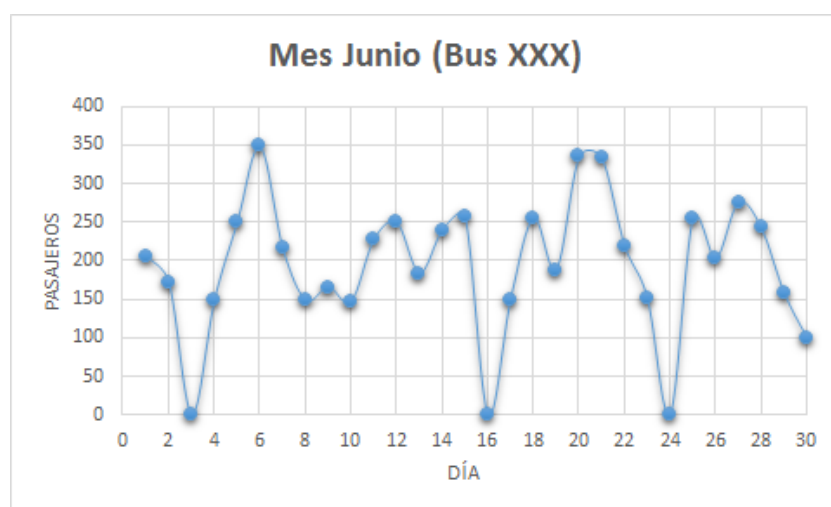


Figura 20. Gráfica de venta del mes de Junio de un automotor. (Fuente propia)



### **6.2.2. Análisis de ventas de una semana dependiendo de la hora de salida**

En la figuras 20 a 25 se analizan las gráficas de las ventas diarias dependiendo de la ruta de viaje, y este dato comparado con la hora de salida. Por medio de lo anterior se puede hallar una moda de las horas y días que tienen mayor afluencia de pasajeros, y así tomar decisiones, como la de enviar los automotores con menos tiempo entre ellos para poder satisfacer la demanda de usuarios.

Otra información relevante que podemos interpretar a través de las gráficas es la ruta con mayores ventas, en las figuras se observan dos rutas: Zoológico y B10, la primera demora en realizarse un promedio de tres horas dependiendo de la hora de salida, y su trayecto es desde el barrio Prado Soledad en el municipio de Soledad, luego transita por la Calle 30 desviando por la Carrera 14 en búsqueda de la Calle 72, y finaliza haciendo el recorrido contrario. La segunda ruta comienza desde el mismo punto recorriendo por American Bar, el ITSA, cruza la Calle 30 en búsqueda de la Calle 72, pasa por Villa Carolina hasta el barrio La Playa, y de allí hace su recorrido de regreso, esta ruta demora un promedio de cuatro horas. Entonces, la ruta B10 por cubrir mayor área de recorrido tiende por promedio a vender mayor cantidad de pasajeros pero por su mayor tiempo de duración en los trayectos realiza un menor número de estos, por lo cual hay ocasiones en donde la ruta Zoológico tiende a vender mayor o similar cantidad de pasajeros por día.

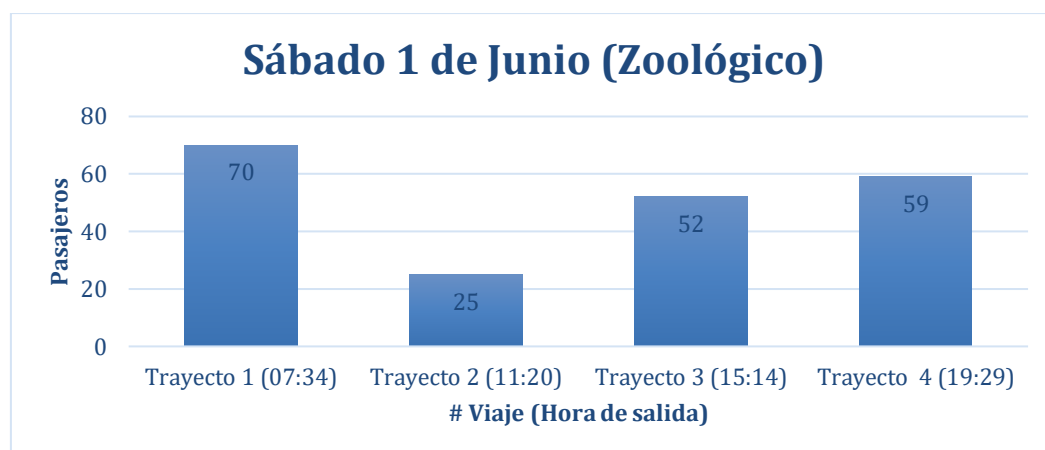


Figura 21. Gráficas de las ventas del día sábado 1 de junio de un automotor. (Fuente propia)

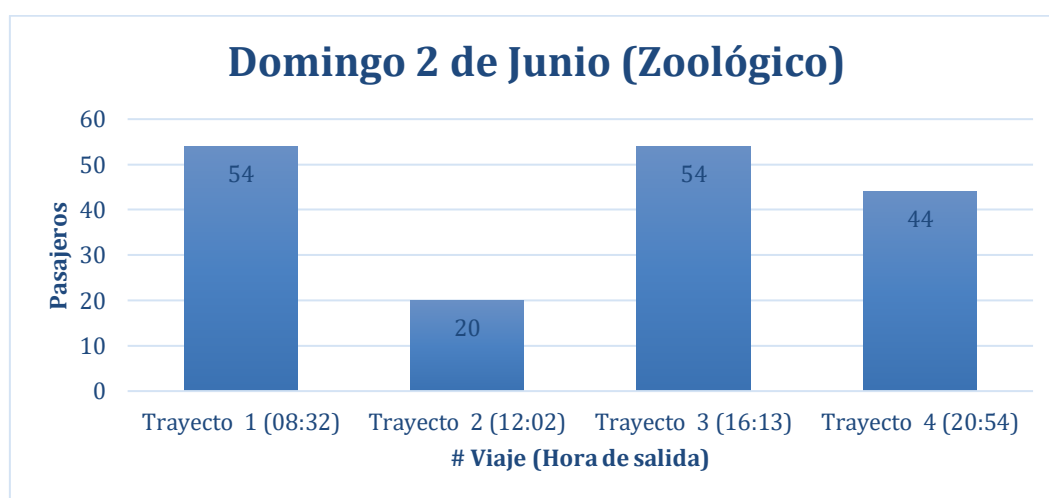


Figura 22. Gráficas de las ventas del día domingo 2 de junio de un automotor. (Fuente propia)

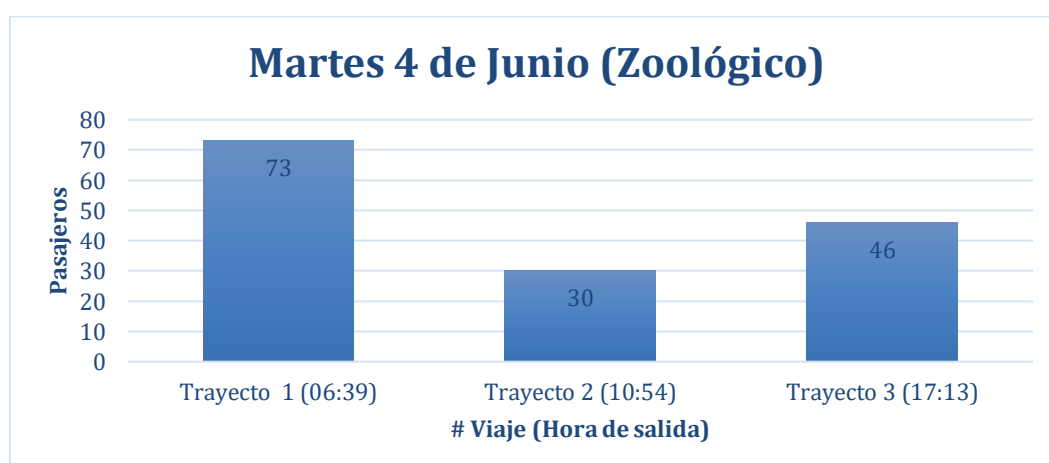


Figura 23. Gráficas de las ventas del día martes 4 de junio de un automotor. (Fuente propia)

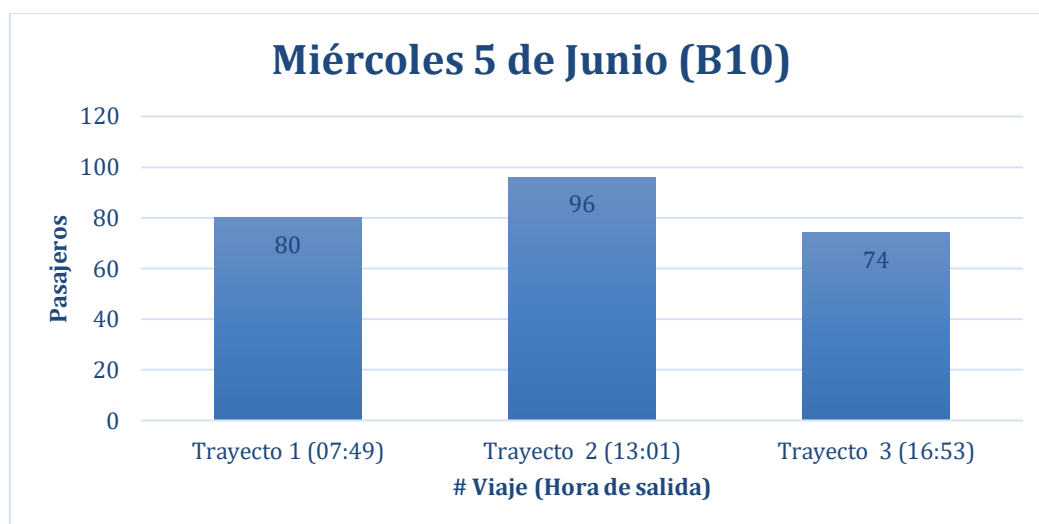


Figura 24. Gráficas de las ventas del día miércoles 5 de junio de un automotor. (Fuente propia)

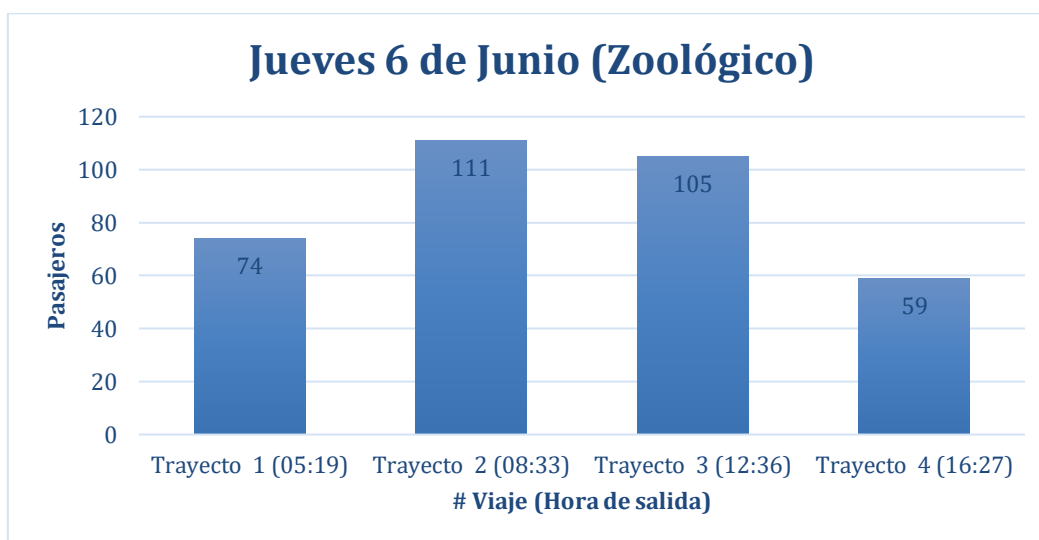


Figura 25. Gráficas de las ventas del día jueves 6 junio de un automotor. (Fuente propia)

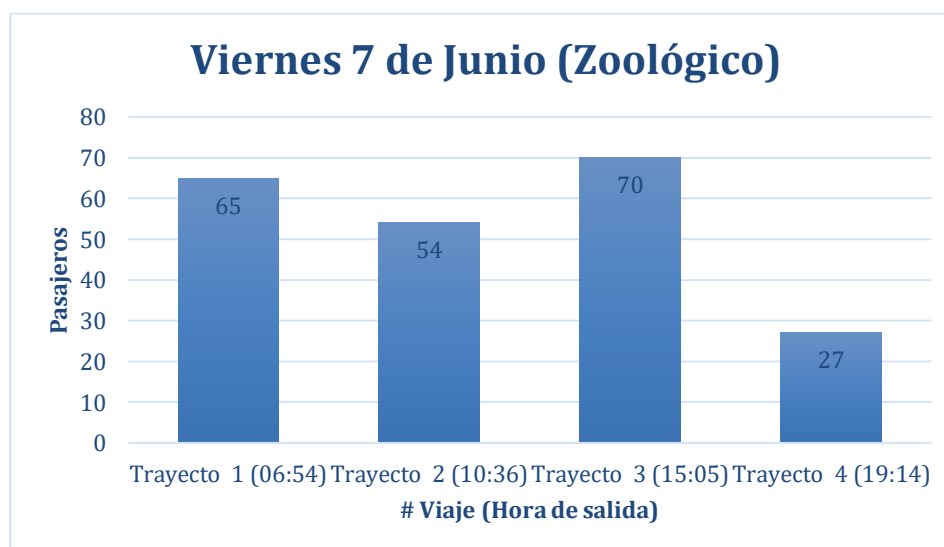


Figura 26. Gráficas de las ventas del día viernes 7 de junio de un automotor. (Fuente propia)

Las anteriores gráficas permiten afirmar que los trayectos con mayor afluencia son los comenzados en el horario de las seis de la mañana, esto se puede asumir a que es una de las horas más transcurrida por personas que se dirigen hacia sus trabajos o centros educativos.

### 6.2.3. Alertas Emitidas por el Prototipo Planteado

Con el fin de brindar mayor seguridad y control del automotor, el prototipo envía unas alertas al servidor que a su vez son mostradas por la plataforma. Evidencia si el carro es encendido o apagado, si esta estacionado o lo están conduciendo, si supera un límite de velocidad, o si la batería principal es desconectada; esta última alerta es fundamental ya que se han hallado situaciones en donde los conductores quitan la energía al sensor en tramos de la ruta de viaje y vuelven a colocar la energía antes de llegar al parque automotor de la empresa, afectando el correcto conteo de pasajeros durante el trayecto. Al enviar esta alerta de desconexión de la batería el operario se entera inmediatamente en el momento que sucede ese evento y cuando la vuelven a conectar.

#	Fecha	Hora	Evento	Descripcion	Velocidad	Direccion
18	2019-10-25	07:14:03	Ignition OFF	vehiculo apagado OFF	0.04	SIN DEFINIR SOLEDAD
19	2019-10-25	07:14:04	Parking mode.	Modo de estacionamiento	0.04	SIN DEFINIR SOLEDAD
20	2019-10-25	07:20:05	Ignition ON	Vehiculo Encendido ON	0.08	SIN DEFINIR SOLEDAD
21	2019-10-25	07:20:06	Driving Mode.	Modo de conducción	0.08	SIN DEFINIR SOLEDAD
22	2019-10-25	07:23:06	Driving Mode.	Modo de conducción	22.66	SIN DEFINIR SOLEDAD
23	2019-10-25	07:26:06	Driving Mode.	Modo de conducción	33.18	CL 37-9B SIN DEFINIR SOLEDAD
24	2019-10-25	07:29:06	Driving Mode.	Modo de conducción	0.03	VIA GRANABASTOS- SIN DEFINIR SOLEDAD
25	2019-10-25	07:32:06	Driving Mode.	Modo de conducción	20.71	SAN ANTONIO
26	2019-10-25	07:35:06	Driving Mode.	Modo de conducción	3.67	AV SOLEDAD-18 SAN ANTONIO
27	2019-10-25	07:38:06	Driving Mode.	Modo de conducción	13.72	AV SOLEDAD-22 CENTRO

Figura 27. Ejemplo de alertas emitidas por el prototipo planteado. (Fuente propia)

## 7. Conclusiones

El prototipo implementado evidenció mejor eficacia que el anterior sistema de conteo al momento de presentarse un bloqueo en los sensores, ya que el anterior sistema alteraba en gran cantidad el conteo de las personas al presentarse ese evento. Además, se mejoró el almacenamiento de los datos de conteo, el registro en tiempo real de los pasajeros en la plataforma y el brindar soporte técnico en menor tiempo.

Aunque el prototipo implementados presentó mejoras con la anterior solución, el conteo de pasajeros por medio de las cámaras de seguridad ubicada dentro en los automotores se evidenció que el margen de error aumenta al pasar los días, esto se debe por las características analógicas de los sensores, que son muy sensibles a ser interferidos por la señal de ruido, y además se alteran por variables externas como deterioro del cableado, vibración delacrílico en los perfiles y cambios de batería principal del automotor.

Luego de seguir analizando el comportamiento del prototipo a través del tiempo de funcionamiento se observó que a pesar de modificar los parámetros de sensibilidad y tiempo para el paso de una persona no se lograba definir una configuración que estabilizara el funcionamiento general del sistema. Lo anterior ocurre debido a que el código principal se desarrolló con muchas funciones “delay” lo que hace que la plataforma Arduino no realice ninguna tarea mientras pasa el tiempo seleccionado, y es en ese momento que se obviaba el conteo de algunas personas.

Desde el punto de vista económico se logra realizar un prototipo dentro de los parámetros de bajo costo ya que comparado con los otros sistemas de conteo del mercado, el costo del prototipo esta alrededor de un 40% menos que el sensor más económico actual.

Para finalizar, en términos generales el prototipo satisface las demás necesidades exigidas por la empresa Transportes Lolaya Ltda, pero se necesita corregir la estabilidad en el

conteo de pasajeros ya que esta es la función que directamente está relacionada con las ganancias económicas de la empresa. Al momento de realizar este documento se estaba desarrollando un algoritmo diferente con el fin de corregir los errores encontrados en el algoritmo actual.

### **7.1. Trabajos Futuros**

Analizando los resultados que ha tenido el prototipo a lo largo del tiempo desde que fueron instalados, hay diferentes mejoras que se pueden implementar para formar un sistema más robusto y más preciso. Se van realizar modificaciones en el algoritmo que mejore la exactitud del conteo, mejorar el multitarea ya sea por algoritmo o incluyendo otro microprocesador, para que uno se dedique a la puerta delantera y otro a la puerta trasera.

Otro aspecto a mejorar es aumentar la cantidad de sensores o implementar otros que brinden una mejor respuesta de trabajo.

Instalar varios elementos de protección, que protejan contra la inversión de polaridad, los picos de corriente, los picos de voltaje, y un estabilizador de voltaje que puede ser una batería recargable. Lo anterior, es de mucha importancia porque los automotores de transporte público muy seguido tienden a presentar problemas eléctricos.

Transformar el prototipo en una tarjeta electrónica más estable, que permita comercializar el producto a diferentes empresas del transporte público.

## 8. Referencias

- Alfonso, Ó. (2010). Impactos socioeconómicos y demográficos de la metropolización de la población colombiana y de los mercados de trabajo y residenciales. (*Documento de trabajo*). Universidad Externado de Colombia, Bogotá.
- AMB. (30 de 11 de 2018). Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de <http://www.ambq.gov.co/nuestras-dependencias/subdireccion-de-transporte/rutas-de-buses-urbanos/>
- Anderson, E., Okafor, K. N., & Dike, D. (2017). Real time car parking system: A novel taxonomy for integrated vehicular computing. *International Conference on Computing Networking and Informatics (ICCNI)*, 1-9.
- Arduino Home. (12 de 09 de 2019). *Arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/>
- Baena, I. (2016). Construcción y control de un robot móvil. (*Tesis de grado*). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Bozyigit, A., Nasiboglu, E., & Utku, S. (2018). Public Transport Route Recommender Regarding Multiple Factors. *3rd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, 12-16.
- Carvalza Servicios Informáticos. (2017). *Mapas Garmin y Tomtom para GPS*. Obtenido de <https://www.carvalza.es/que-es-un-gps>
- Cruz, C. (2016). Tecnologías aplicadas en seguridad para la terminal de transportes de Cali. (*Seminario de grado*). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- Extreme Technologies S.A. (6 de 9 de 2011). Recuperado el 27 de noviembre de 2019, de <http://www.extreme.com.co/web/index.php/noticias/item/188-control-de-flotas-buses-urbanos>

Gómez, D. (2014). Sistemas de sensores inteligentes para detección de automóviles. (*Tesis de grado*). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.

José, S. (2008). *Descripción y Funcionamiento de Componentes Barras Electrónicas*.

Obtenido de [www.optocontrolonline.com](http://www.optocontrolonline.com)

Lawrence, L. (2001). *GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global*. Barcelona:

Paidotribo.

Li, Z., & M., D. (2017). Special features of industrial security of urban public transport. *4th*

*International Conference on Industrial Economics System and Industrial Security Engineeri*, 1-5.

LM Soluciones S.A.S. (2016). Obtenido de <http://anubis.lmsoluciones.co/>

Martínez, J., & González, B. (2013). Diseño de un sistema de acceso inalámbrico a internet para los usuarios de la ruta más usada de Transmilenio en Bogotá dentro de portales, estaciones y buses. (*Trabajo de grado*). Universidad de San Buenaventura, Bogotá.

Ministerio de Transporte. (22 de Febrero de 2010). Resolución 479. Bogotá, Colombia.

*Naylamp Mechatronic*. (23 de 5 de 2015). Recuperado el 29 de Abril de 2019, de

<https://naylampmechatronics.com/conversores-ttl/102-modulo-max3232-rs232-a-ttl.html>

Oliveras Rojas, J. C., & Reyes Archundia, E. (Enero de 2018). Sistemas Embebidos.

*Optocontrol*. (1 de 7 de 2010). Recuperado el 27 de noviembre de 2019, de

<http://www.optocontrolonline.com/html/content/esp/productos/opmg.html>



- Patlins, A., & Kunicina, N. (2015). The new approach for passenger counting in public transport system. *EEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, 53-57.
- Piñeres, G., Cama, A., Estevez, F., Cama, D., & De La Rosa, D. (2017). Design of a low cost weather station for detecting environmental changes. *Espacios*, 13.
- Prometec. (03 de 12 de 2019). Recuperado el 29 de Abril de 2019, de <https://www.prometec.net/producto/arduino-uno/>
- Registel. (9 de 12 de 2005). Obtenido de <https://www.registelcolombia.com/stransp.html>
- Roa, D. (2009). *Repositorio Institucional EdocUR*. Obtenido de <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/1106/RoaLozano-DianaCarolina-2009.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Sharp World. (30 de 9 de 2019). *Datasheet gp2y0a21yk*. Recuperado el 29 de Abril de 2019, de [http://www.sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk\\_e.pdf](http://www.sharp-world.com/products/device/lineup/data/pdf/datasheet/gp2y0a21yk_e.pdf)
- Song, J., Dong, Y.-F., Yang, X.-W., Gu, J.-H., & Fan, P.-P. (2008). Infrared passenger flow collection system based on RBF neural net. *International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 1277-1281.
- Suhissa. (2017). Recuperado el 10 de Agosto de 2019
- Suntech. (3 de 6 de 2014). *Suntech*. Recuperado el 10 de octubre de 2019, de <https://www.suntechlatam.com/soporte/>
- Suntech International. (7 de 4 de 2015). Recuperado el 1 de Mayo de 2019, de <https://www.suntechlatam.com/productos/>

*Unibot*. (s.f.). Recuperado el 29 de Abril de 2019, de

<https://www.unibot.com.ar/fuentes/fuente-step-down-lm2596-dc-dc-125-30v-3a/>

*Universidad San Buenaventura*. (6 de 10 de 2003). Recuperado el 25 de agosto de 2019, de

Universidad San Buenaventura:

<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/38480.pdf>

Valencia, R. (2018). Algoritmo de conteo de pasajeros por medio de sensores infrarrojos para el transporte público metropolitano. (*Tesis de grado*). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

Xiang, H., & A. Ming. (2014). A study of the city bus passenger flow intelligent statistical algorithm based on motion vector tracking. *4th IEEE International Conference on Information Science and Technology, Shenzhen*, 41-44.

Zhang, S., Jia, S., & Wang, C. M. (2018). Impacts of public transportation fare reduction policy on urban public transport sharing rate based on big data analysis. *IEEE* , 280-284.

Zhu, F., Yang, X., Gu, J., & Yang, R. (2009). A New Method for People-Counting Based on Support Vector Machine. *Asia-Pacific Conference on Information Processing*, (págs. 109-112). Shenzhen.